

Equilibrio e control postural na infancia

Concepto, avaliación, e estratexias de traballo para profesionais



Autores

Jesús García Liñeira
Raquel Leirós Rodríguez
Jose Luis García Soidán
Vicente Romo Pérez

Jesús García Liñeira
Raquel Leirós Rodríguez
Jose Luis García Soidán
Vicente Romo Pérez



Jesús García Liñeira

é Licenciado en Ciencias da Actividade Física e do Deporte, Mestre en Educación Física e Doutor pola Universidade de Vigo. Funcionario do corpo de mestres e profesores de ensinanza secundaria na especialidade de Educación Física, leva exercendo a docencia en centros de ensinanza públicos desde o ano 2015. As súas liñas de investigación inclúen os ámbitos do desenvolvemento da motricidade humana e a súa implicación na saúde.

Raquel Leirós

Rodríguez é Profesora Titular de Universidade na área de Fisioterapia e imparte docencia teórica e práctica sobre temáticas intrínsecas á praxis da fisioterapia no ámbito clínico. Anteriormente, entre 2015 e 2020 traballou como docente asociada e interina na Facultade de Fisioterapia da Universidade de Vigo e durante dez

anos en diferentes clínicas de fisioterapia. As súas liñas de investigación inclúen o desenvolvemento de novos instrumentos de valoración clínica, a avaliación de técnicas e métodos de tratamento de fisioterapia e o impacto do estilo de vida na saúde.

José Luis García

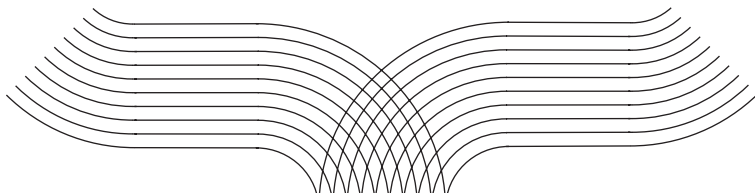
Soidán é Licenciado en Medicina (Univ. Santiago), Doutor pola UNED Madrid, e Profesor titular de universidade desde 2002. É investigador principal do Grupo Hi10 desde 2004, e autor ou coautor de máis de 150 artigos indexados, 28 libros/capítulos e 219 relatorios e comunicacións en congresos nacionais e internacionais.

Vicente Romo Pérez

é Profesor contratado doutor e director da Cátedra Ribera-Povisa en Innovación en Saúde, con tres sexenios recoñecidos.

Servizo de Publicacións

Universidade de Vigo



Manuais

Serie de manuais didácticos

n.º 093

Edición

Universidade de Vigo
Servizo de Publicacións
Rúa de Leonardo da Vinci, s/n. 36310 Vigo

Deseño gráfico

Julinda Molares Cardoso e Tania Sueiro Graña
Área de Imaxe. Vicerreitoría de Comunicacións e
Relacións Institucionais

Maquetación e impresión: Tórculo Comunicación
Gráfica, S. A.

Imaxe da portada: Adobe Stock

ISBN (Libro impreso): 978-84-1188-050-3

Depósito legal: VG 53-2025

© Jesús García Liñeira, Raquel Leirós Rodríguez, Jose Luis
García Soidán e Vicente Romo Pérez

© Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo, 2025

Sen o permiso escrito do Servizo de Publicacións da
Universidade de Vigo, queda prohibida a reprodución
ou a transmisión total e parcial deste libro a través
de ningún procedemento electrónico ou mecánico,
incluídos a fotocopia, a gravación magnética ou calquera
almacenamento de información e sistema de recuperación.

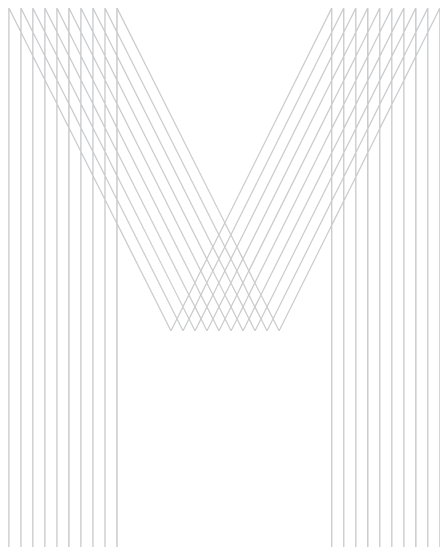
Ao ser esta editorial membro da **une**, garántense a
difusión e a comercialización das súas publicacións no
ámbito nacional e internacional.

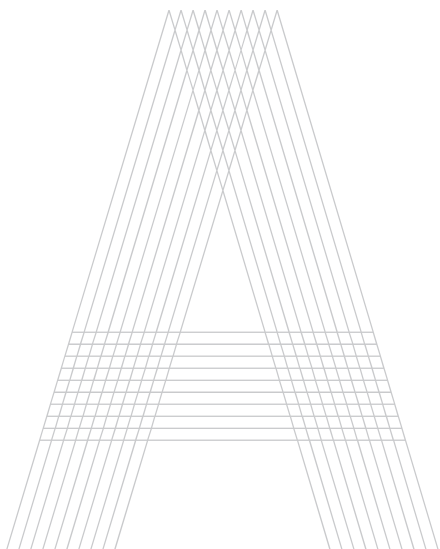
Servizo de Publicacións

Universidade de Vigo



HR EXCELLENCE IN RESEARCH





Este volume publícase
co financiamento da



**XUNTA
DE GALICIA**

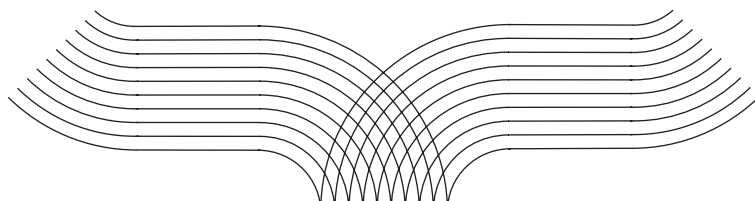
Equilibrio e control postural na infancia

Concepto, avaliación, e estratexias de traballo para profesionais

Autores

Jesús García Liñeira
Raquel Leirós Rodríguez
Jose Luis García Soidán
Vicente Romo Pérez

	Limiar	9
00	Introdución	11
	Referencias	13
01	Fundamentos do equilibrio, control postural e maduración na infancia	15
	1.1 Control motor, control postural e a súa maduración	15
	1. Funcionamento do control postural (bases neurofisiolóxicas, estruturas corticais involucradas e procesamento neurocognitivo)	16
	1.3 Sistemas sensoriais	19
	1.4 Sistemas músculo esqueléticos	21
	1.5 Biomecánica e recursos implicados na estabilidade postural	22
	1.6 Maduración e desenvolvemento do control postural na infancia	23
	1.7 Fisiopatoloxía do control postural en poboación infantil	24
	1.8 Referencias	25
02	Avaliación e valoración do control postural na infancia	31
	2.1 Medición e análise do equilibrio e do control postural na infancia	31
	2.2 Valoración funcional do equilibrio e do control postural durante a infancia	31

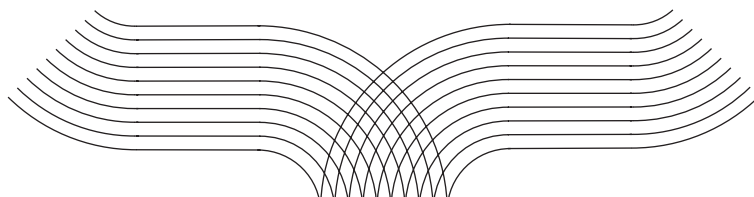


2.3 Sistemas de valoración clínica e observación directa do equilibrio e do control postural	32
2.4 Sistemas de valoración instrumental do equilibrio e do control postural	34
2.5 Sistemas de valoración acelerométrica do equilibrio e do control postural	37
2.6 Referencias	40

03

Estratexias de desenvolvemento do equilibrio e do control postural na infancia	45
3.1 O desenvolvemento do equilibrio e do control postural nunha infancia activa	45
3.2 A conciencia corporal como base para un axeitado desenvolvemento do equilibrio	46
3.3 Desenvolvemento e mellora muscular e neuromuscular	49
3.4 A mellora do equilibrio na infancia a través de actividades físicas, os xogos e actividades deportivas de base	49
3.5 Recomendacións xerais	53
3.6 As estratexias de intervención motora	54
3.7 Referencias	58

Reflexións finais	65
-------------------	----



O seguinte manual abordou as estratexias para a avaliación e o desenvolvemento do equilibrio e do control postural na infancia. A maduración do control postural ocorre de xeito natural nos primeiros anos de vida e depende da correcta evolución e integración de múltiples procesos sensoriomotrices por parte do sistema nervioso. Esta complexa capacidade descríbese de xeito habitual como multifactorial e a súa óptima evolución prodúcese desde a infancia ata a entrada na adolescencia, unha etapa onde ocorren ademais grandes cambios corporais. Este traballo é de especial interese para os profesionais da saúde que tratan no seu día a día a valoración do equilibrio en nenos e nenas e que buscan estratexias para a mellora desta capacidade, coma son os educadores físico-deportivos, fisioterapeutas, médicos, etc.

A avaliación do equilibrio nas idades infantís, como se explicará nas seguintes páxinas, ten especial importancia para a detección temperá de déficits ou trastornos relacionados cos sistemas encargados de rexer o control postural. A poboación infantil cun pobre equilibrio terá asociado un maior risco de caídas ou unha deficitaria adquisición de habilidades motrices. Ademais, un peor desenvolvemento desta capacidade pode levar a unha falta de adherencia á actividade física e, polo tanto, derivar en nenos e nenas máis sedentarios, unha das problemáticas máis preocupantes dos últimos anos.

Por iso, a identificación dos factores que inflúen no equilibrio e control postural en nenos e nenas é esencial co fin de deseñar estratexias de mellora eficaces, permitindo tamén unha correcta evolución da motricidade ou mellora dos niveis de partida, aspecto abordado ao longo desta guía. Estas cuestións son necesarias para profesionais ou estudantes do mundo da saúde e da motricidade, que requiren de ferramentas ou técnicas de análise actuais dispoñibles e de estratexias para o desenvolvemento e mellora do equilibrio na poboación infantil.

Os autores.

Introdución

11

Durante a infancia prodúcese o desenvolvemento madurativo que é crucial para o resto da vida, convertendo os nenos e nenas nun grupo vulnerable. Nesta etapa, aumenta a autonomía e independencia e as actitudes de curiosidade por aprender e descubrir, levando a este grupo de idade a asumir un maior número de condutas de risco^{1,2}. Un maior número de riscos que poden desencadear en caídas, e que están fortemente ligadas ao control postural. Segundo a organización mundial da saúde (OMS), as caídas na infancia poden ser desencadeantes dun resultado fatal, reportando a morte ao redor de 2000 nenos e nenas cada día no mundo menores de 14 anos^{1,3}.

Nas idades de formación é crucial coñecer o estado de desenvolvemento do control postural, xa que esta capacidade ten un papel relevante para poder desempeñar a maioría de actividades cotiás, desde as máis sinxelas coma andar de pé, ata outras de maior complexidade coma as carreiras, os saltos, as recepcións ou os lanzamentos. Un déficit, ou disfunción nesta capacidade pode inferir no desenvolvemento das habilidades motrices básicas e na posterior adquisición de habilidades motrices específicas, podendo levar incluso a unha baixa adherencia á práctica de actividade física na adolescencia ou na etapa adulta^{4,5}.

Os obxectivos do control postural son manter a estabilidade e orientación desexadas ao levar a cabo unha tarefa motriz, mantendo estable o centro de gravidade corporal (CG), dentro da base de sustentación (BS)^{6,7}. Trata de manter a verticalidade corporal e a horizontalidade da visión sobre a BS e a forza de gravidade (g) controlando os movementos corporais de axuste que se realizan para tal fin^{8,9}. Isto pode conseguirse grazas á integración da información somatosensorial recibida, incluíndo a información que provén dos sistemas visual, vestibular e propioceptivo¹⁰⁻¹². Posteriormente, é o sistema nervioso central (SNC) quen recibe a información, coa finalidade de procesala e enviar as ordes de execución e coordinación motora¹³. É por iso, que o mantemento da postura corporal, require da coordinación doutras estratexias,

coma as biomecánicas e os axustes tónico-posturais de músculos, os movementos de axuste postural e as estratexias cognitivas (atención ou experiencias previas)^{11, 14}.

- 12 Na idade infantil iníciase o proceso de formación e maduración dos sistemas sensoriais e do seu correcto acoplamento, proceso que vai evoluíndo e que non se completa ata entrada a adolescencia^{12, 15, 16}. Polo que esta etapa é fundamental para o correcto desenvolvemento do control postural. Coñecer e saber como actúan os mecanismos de acción desta capacidade e o seu grao e influencia, permitirá detectar un incorrecto desenvolvemento desta capacidade, co fin de prever riscos asociados a unha peor estabilidade corporal como son as caídas ou a pobre adquisición de habilidades motrices.

Nesta capacidade na que inflúen múltiples factores, o estudo completo do seu constructo demostra ter unha difícil valoración segundo a literatura¹⁷, desencadeando na creación e existencia dun gran número de métodos validados ao longo dos anos¹⁸. As metodoloxías pódense dividir en instrumentais, que presentan unha alta valoración e fiabilidade, pero que requiren do uso de materiais e instrumentos (ás veces custosos) que restrinxen o seu uso en moitas ocasións a laboratorios; e, en segundo lugar, os métodos observacionais ou clínicos, fáciles de usar e pouco custosos, pero que presentan baixa fiabilidade en comparación cos anteriores, dependendo en exceso do avaliador¹⁹.

Na etapa infantil, é crucial avaliar de forma fiable o estado de desenvolvemento do equilibrio, co fin de detectar as posibles carencias e poder intervir nelas de xeito precoz, xa que poden estar relacionadas con patoloxías vestibulares, deficiencias auditivas ou visuais, trastornos músculo esqueléticos ou propioceptivos, trastornos do desenvolvemento coordinativo, etc.)^{5, 20, 21}. Ademais, os métodos de valoración cuantificables permitirán concluír o éxito ou fracaso dos programas de mellora levados a cabo.

Exploraranse as diferentes vías de avaliación do control postural, dedicándolle especial atención aos sistemas de análises inercial portátiles, coma son os acelerómetros, que valoran o equilibrio a través da análise dos movementos do CG. Esta metodoloxía de recente validación para a análise do control postural en poboación pediátrica, móstrase con unha alta fiabilidade e validez con un baixo custo²². E o seu uso non é exclusivo de laboratorios ou contornas clínicas, podendo avaliar o equilibrio en lugares coma pavillóns polideportivos, ximnasios ou instalacións deportivas¹⁹.

Finalmente abordaranse as estratexias de desenvolvemento desta capacidade en poboación con idade infantil. Tendo en conta a maduración corporal da capacidade en nenos e nenas, a evolución dos sistemas que rexen o control postural (sistemas somatosensoriais e sistemas músculo esqueléticos) e as recomendacións motrices xerais, con propostas lúdicas, deportivas e multitarefa.

Por isto propónse esta guía que recolle o coñecemento científico actual sobre as estratexias de avaliación e desenvolvemento do control postural en poboación infantil.

Referencias

1. Ameratunga SN and Peden M. World report on child injury prevention: A wake-up call. *Injury* 2009; 40: 469–470.
2. Peden M. World report on child injury prevention appeals to “Keep Kids Safe”. *Inj Prev* 2008; 14: 413–414.
3. Sleet DA. The Global Challenge of Child Injury Prevention. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2018; 15.
4. Blaszczyk JW, Fredyk A, Blaszczyk PM, et al. Step Response of Human Motor System as a Measure of Postural Stability in Children. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2020; 28: 895–903.
5. Verbecque E, Vereeck L and Hallemans A. Postural sway in children: A literature review. *Gait Posture* 2016; 49: 402–410.
6. Mancini M and Horak FB. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Rehabil Med* 2010; 46: 239–248.
7. Mancini M, Nutt JG and Horak FB. Chapter 1 - How is balance controlled by the nervous system?. In: Mancini M, Nutt JG and Horak FB (eds) *Balance Dysfunction in Parkinson's Disease*. Academic Press, 2020, p.1.
8. Karnath HO, Ferber S and Dichgans J. The neural representation of postural control in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2000; 97: 13931–13936.
9. Sousa AS, Silva A and Tavares JM. Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: a review. *Somatosens Mot Res* 2012; 29: 131–143.
10. Bovonsunthonchai S, Hengsomboon P, Tangluang S, et al. The Effect of Sound and Vibration on Postural Balance in Healthy Young Adults. *Walailak J Sci & Tech* 2018; 16: 975–983.
11. Horak FB, Kluzik J and Hlavacka F. Velocity dependence of vestibular information for postural control on tilting surfaces. *J Neurophysiol* 2016; 116: 1468–1479.
12. Cheung TCK and Schmuckler MA. Multisensory and biomechanical influences on postural control in children. *Journal of Experimental Child Psychology* 2023. DOI: 10.1016/j.jecp.2023.105796.
13. Ludwig O. Interrelationship between postural balance and body posture in children and adolescents. *J Phys Ther Sci* 2017; 29: 1154–1158.
14. Ivanenko Y and Gurfinkel VS. Human Postural Control. *Front Neurosci* 2018; 12: 171.
15. Shams A, Vameghi R, Shamsipour Dehkordi P, et al. The development of postural control among children: Repeatability and normative data for computerized dynamic posturography system. *Gait Posture* 2020. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.03.002.
16. Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, et al. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Dev Med Child Neurol* 2006; 48: 477–482.
17. Johnson C, Hallemans A, Goetschalckx M, et al. Psychometric properties of functional postural control tests in children: A systematic review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 2023. DOI: 10.1016/j.rehab.2022.101729.

18. Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, et al. Components of Standing Postural Control Evaluated in Pediatric Balance Measures: A Scoping Review. *Arch Phys Med Rehabil* 2017; 98: 2066–2078.e4.
- 14 19. Zampogna A, Mileti I, Palermo E, et al. Fifteen Years of Wireless Sensors for Balance Assessment in Neurological Disorders. *Sensors (Basel)* 2020; 20: 10.3390/s20113247.
20. Junior P, Moura Rd, Oliveira CS, et al. Use of wearable inertial sensors for the assessment of spatiotemporal gait variables in children: A systematic review. *Motriz: Revista de Educação Física* 2020; 26.
21. Ockerman J, Velghe S, Van Bladel A, et al. Checks and balances: a meta-analysis on the known-groups validity of functional postural control tests in children. *Eur J Phys Rehabil Med* 2024. DOI: 10.23736/s1973-9087.24.08187-5.
22. Iosa M, Picerno P, Paolucci S, et al. Wearable inertial sensors for human movement analysis. *Expert Rev Med Devices* 2016; 13: 641–659.

Capítulo 01

Fundamentos do equilibrio, Control postural E maduración na infancia

15

1.1 Control motor, control postural e a súa maduración

Os mecanismos que interveñen na realización de calquera movemento corporal son complexos e variados. Denomínase control motor (CM) á forma e ao modo no que se activan e coordinan os músculos e extremidades corporais involucradas por parte do sistema neuromuscular, ao levar a cabo accións motoras¹. Descubrir as relacións que existen entre sistema nervioso central e o corpo, o contorno e a produción de movementos corporais voluntarios e involuntarios é fundamental co obxectivo de alcanzar un maior desempeño na aprendizaxe de novas tarefas^{2,3}.

Na infancia, a adquisición de novas habilidades supón todo un reto, sendo clave o CM. Nesta etapa, prodúcese grandes cambios nas funcións executivas, que se consideran necesarias para a correcta integración de funcións cognitivas, o procesado da información e a posterior posta en acción, coa realización de tarefas motrices⁴. Algúns dos procesos asociados ás funcións executivas son a anticipación de movementos, a autorregulación ou a retroalimentación, que son indispensables para manter o control postural (CP) durante as tarefas motrices⁵. Son numerosos os estudos que destacan a importancia de ter un correcto neurodesenvolvemento cortical e subcortical á hora de realizar os axustes corporais axeitados nestas idades de formación^{6,7}.

O CP defínese como a integración dos múltiples procesos somatosensoriais que teñen por obxecto lograr a estabilidade e orientación postural desexadas contrarrestando a forza da gravidade que actúa sobre o corpo, e integrando a información que provén dos sistemas sensoriais auditivo e vestibular, visual e propioceptivo^{8,9}.

Os obxectivos que persegue o CP son a estabilidade e a orientación postural^{10,11}. Primeiramente, a estabilidade implica a coordinación das estratexias somatosensoriais para lograr estabilizar o centro de gravidade (CG) ante as perturbacións que suceden externamente; en segundo lugar, a orientación postural está baseada na correcta in-

16 tegración dos sistemas sensoriais e implica o control activo da aliñación e do ton do corpo respecto á forza da gravidade, a superficie de soporte, as referencias visuais e as representacións internas^{12, 13}. Múltiples recursos son claves para comprender como o sistema nervioso central consegue controlar o equilibrio do corpo e lograr a orientación e estabilidade desexadas. Entre as propiedades necesarias atopamos ao sistema músculo esquelético, aos músculos tónico antigravitacionais, ao modelo interno do corpo e ao mundo externo, a relación entre postura e movemento e ao control cognitivo do equilibrio¹⁰.

Nos nenos e nenas, o mantemento da postura e control do equilibrio corporal é crucial para levantarse e sentarse, camiñar ou outras actividades cotiás e fundamentais para o seu desenvolvemento e que son necesarias ao longo da vida¹⁴. Defínese o equilibrio postural (EP) como a capacidade de manter o CG do corpo dentro da base de sustentación (BS), ou dito doutro modo dentro dos límites de estabilidade^{15, 16}, e na infancia o seu desenvolvemento prodúcese ao longo dos anos de xeito paulatino. Desde o punto de vista filoxenético, o ser humano consegue manterse en pé ao redor dos 12 meses de vida^{17, 18}. Posteriormente, complementase coa adquisición de novas habilidades motrices de maior complexidade ao longo dos anos e que requiren un CP correctamente evolucionado.

1.2 Funcionamento do control postural (bases neurofisiolóxicas, estruturas corticais involucradas e procesamento neurocognitivo)

Durante o mantemento da postura, interveñen os sistemas sensoriomotrices e propioceptivos¹⁹, que constantemente envían retroalimentacións sobre a posición corporal e que permiten ao SNC tomar decisións relevantes sobre os axustes para manter o equilibrio corporal (figura 1.). Nas estruturas especializadas dentro do sistema nervioso, prodúcese a integración da información que chega polas vías aferentes, e existen procesos xerárquicos neuronais que controlan o límite da posición corporal e que permiten percibir a posición e orientación do corpo e dos segmentos corporais, o que posibilitará a acción motora respecto da acción da gravidade, a posición corporal con respecto ao contorno e as configuracións corporais de coactivación muscular en músculos agonistas e antagonistas²⁰.

Son múltiples as estruturas do SNC e corticais que participan neste procesado de información, e xogan un papel fundamental no CP ao integrar as informacións dos sistemas corporais²¹. As principais son as que se atopan no tronco encefálico, cerebelo, bulbo raquídeo, os ganglios basais e as áreas motoras do encéfalo. Durante as perturbacións da postura foi observado na xuventude a activación significativa das diferentes áreas corticais incluíndo o córtex parietal, o cerebelo e o córtex cingulado²².

O cerebro é o encargado de integrar a información sensitiva e motora de todo o corpo, e é onde se aloxan os lóbulos. Os lóbulos frontais, teñen un papel importante sobre a atención, planificación, organización e actividade motora. Os parietais, encárganse da percepción (excepto visión e audición) e a conciencia da posición das partes do corpo, os cales activaranse no momento que exista unha perturbación sobre o equilibrio²³. Os lóbulos temporais, que son os encargados da percepción auditiva e o recoñecemento visual. Ademais, os lóbulos occipitais son os encargados da visión. As áreas do córtex cerebral, traballan de xeito combinado e actívanse simultaneamente ao recibir a información sensorial de estímulos que proceden do exterior, creando complexas conexións neuronais e sendo as responsables do mantemento da postura, sendo as que van ter un papel de maior relevancia sobre o equilibrio as seguintes^{9, 10, 24-29}:

- A córtex somatosensorial primario encargado do procesamento propioceptivo.
- A córtex motor tendo correlación anatómica coa posición do corpo.
- O córtex auditivo primario procesando a información que provén do nervio vestibulo coclear (VIII).
- O córtex visual primario procesando a información visual procedente do nervio óptico e o núcleo xeniculado no tronco do encéfalo.
- O córtex vestibular “parieto-insular” recibindo os estímulos vestibulares e respondendo a estímulos vestibulares, visuais, somatosensoriais e plurimodais.

Os núcleos ou ganglios basais, son núcleos de neuronas que se relacionan coa córtex e as estruturas do diencefalo e o mesencefalo. O seu correcto funcionamento permite modular o control fino da intensidade da contracción muscular³⁰. Hai que destacar dentro deles ao putamen, unha estrutura que regula os movementos das extremidades e a aprendizaxe²⁵.

O cerebelo, ten unha gran implicación no CP, xunto co córtex, o troncoencéfalo e a medula espiñal, xa que controla o equilibrio, planifica, executa e controla movementos corporais³¹, facilitará as sinais que activarán e inhibirán os músculos agonistas e antagonistas, iniciando o movemento, corrixindo a forza e a dirección. O circuito cerebelar-cortical, será o responsable de adaptar a postura en base a experiencias previas³⁰.

As estruturas do tronco encefálico intervirán no mantemento do equilibrio. Na protuberancia insírense os nervios craniais V, VI, VII E VIII contendo boa parte da formación reticular e que interveñen entre outras función no control da musculatura esquelética (ton postural antigravitario). Ademais, mediante conexións nerviosas e

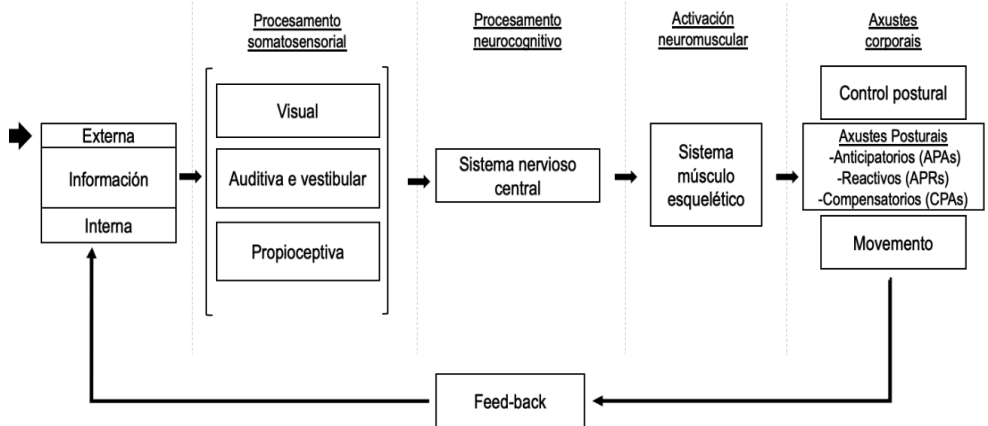
sensoriais, incluíndo as aloxadas no mesencéfalo, coas unións do bulbo raquídeo e a protuberancia do encéfalo e onde se inclúe a sustancia negra e os núcleos dos nervios craniais III e IV, o bulbo raquídeo, onde se atopan os núcleos dos nervios craniais IX, X, XI, XII³².

Os circuitos da médula espiñal, estarán implicados nos reflexos de estiramento, inhibición ou flexión, sendo clave a integración deste reflexos para a correcta regulación do ton muscular durante a execución dun movemento que implica o mantemento do equilibrio³². Os circuitos, envían os reflexos xerados ás áreas corticais implicadas no CP e posteriormente modularán os axustes posturais anticipatorios (APA) necesarios para calquera movemento³³.

Xunto a estas estruturas prodúcense aferencias periféricas resultantes doutras estruturas corporais sensoriais e que grazas a áreas motoras (primaria e secundaria) producen eferencias que executan movementos musculares e articulares.

Deste xeito obsérvase que o SNC e as súas estruturas integran as informacións que proveñen de numerosos inputs sensoriais co obxectivo de regular a posición erguida do CG, desencadeando diferentes tipos de respostas^{33, 34}. Atopamos as respostas automáticas en caso de perturbacións externas ou tamén denominadas automatic postural response (APR), podendo as mesmas dividirse segundo a súa velocidade de execución en función da necesidade de conservar o equilibrio e non caerse. As respostas de latencia corta, implican os reflexos da médula espiñal (50ms), as de latencia media xa poden involucrar ao tronco encefálico (75-100ms) e as de latencia larga tamén involucran ao córtex cerebral (>100ms); existen as respostas de axuste postural anticipatorio (APA), ante movementos rápidos das pernas e de todo o corpo sen apoio externo, con previsión de posibles perturbacións corporais que fagan perigar a estabilidade; e tamén os axustes posturais compensatorios (CPA), activándose en caso de que a perturbación sexa de gran magnitude¹⁰.

PROCESAMENTO DO CONTROL POSTURAL



19

Figura 1 Ciclo do procesamento do control postural. Fonte: elaboración propia

Deste xeito o control cerebral postural integrará a rede de respostas APR, APA e balanceo corporal, de control cognitivo do equilibrio e o control dinámico durante condicións dinámicas como na marcha. Ademais, o tronco encefálico terá especial importancia no procesamento neurocognitivo controlando o ton, o balance postural e as sinerxias entre os aprs e os APAs, xa que recibe os inputs das áreas corticais e proxecta as ordes cara á médula espiñal polas rutas reticuloespiñal e vestibuloespiñal para controlar o equilibrio.

1.3 Sistemas sensoriais

O sistema nervioso recibe inputs constantes da información sensorial, polo que ten unha influencia directa e relevante sobre o EP. Na infancia, o procesamento e análise da información externa e o bo desenvolvemento destes sistemas, permite procesar axeitadamente esta información e tomar decisións acertadas en relación ao comportamento motor³⁵. A percepción e correcta interpretación da información recibida polos receptores visuais, auditivos e táctiles, permite ter unha boa relación entre o mundo exterior e interior, pero o seu desenvolvemento non se produce á vez, polo que na infancia a súa influencia variará nas accións que rexen o CP^{36, 37}.

En primeiro lugar, o sistema visual proporciona información externa, a posición e os movementos corporais que se realizan³⁸. Aporta información relevante sobre o con-

torno e identifican as imaxes que permitirán o control da estabilidade postural dinámica á hora de realizar accións locomotrices (por exemplo, controlar e guiar os segmentos corporais ou mover obxectos e sortear obstáculos), e permitindo orientar o corpo no espazo percibindo automoción corporal e aportando datos tridimensionais ás estruturas do contorno^{39, 40}. Ademais os reflexos dos nervios vestibulo-oculares e o nervio optocinético permiten estabilizar a visión mentres a cabeza está en movemento, conferíndolle a este sistema unha especial importancia para o mantemento do equilibrio corporal⁴¹. Durante o desenvolvemento na infancia, a influencia da vista é maior que na etapa adulta, polo menos ata os once anos, observando un consenso nos estudos realizados con restrición de información visual en comparación con condicións normais de visión^{42, 43}, polo que en situacións cambiantes a falta de visión pode incrementar considerablemente o risco de caídas en nenos e nenas.

En segundo lugar, o sistema vestibular, que aporta información sobre o movemento lineal e angular que realiza a cabeza no espazo e inclúe a gravidade, sendo este crucial para que o noso cerebro perciba o seu propio corpo no espazo^{12, 27, 29}. O procesamento vestibular é fortemente multimodal, posuíndo tres clases de funcionamento: a) a estabilización da mirada para ter unha visión clara; b) a estabilización do pescozo e extremidades mediante movementos compensatorios da postura ante os movementos autoxerados como as perturbacións externas; c) e a produción de tarefas de maior complexidade como é a navegación espacial e o alcance de obxectos⁴⁴. Na infancia, as conexións dos órganos vestibulares co SN parecen continuar madurándose ata os 12 ou os 15 anos, dependendo o correcto CP do desenvolvemento das sinais que proveñen deste sistema ata entrada a adolescencia^{45, 46}.

E o sistema propioceptivo, que está integrado por pel, músculos, tendóns e ligamentos e aporta información sensitiva sobre o movemento corporal⁴⁷. A información somatosensorial procederá desde a vía propioceptiva e exteroceptiva (tacto) e será enviada cara ó sistema vestibular e ao SNC⁴⁸. Os mecanorreceptores das articulacións (husos musculares e órganos tendinosos de Golgi) proporcionan información sobre a recepción de estímulos, permiten coñecer a tensión e o ton muscular, os movementos que se levan a cabo ou a posición do corpo no espazo. E os exteroceptores (corpúsculos de Meissner, discos de Merkel, as terminacións de Ruffini e os corpúsculos de Pacini), localizados nos tecidos cutáneos e subcutáneos, e sendo principalmente representativos para o mantemento da postura os mecanorreceptores aloxados en articulacións ou músculos⁴⁹. A información propioceptiva ten un papel esencial nos apoios monopodais ao enviar información e feedback constante sobre as extremidades inferiores, evolucionando esta información co paso dos anos, á par que evolúen aspectos relacionados co aparello músculo esquelético necesarios para o mantemento erguido da postura como o aumento da forza, os aspectos propioceptivos e inervacións que permiten a conexión dunha maior cantidade de unidades motoras neuromusculares nos movementos⁵⁰⁻⁵².

A madurez fisiolóxica dos sistemas sensoriais parece producirse de xeito relativamente temperá durante os anos da infancia, polo que isto parece indiciar que os procesos de integración sensorial terán unha especial importancia ata a adolescencia no mantemento da postura, onde as respostas parecen semellarse ás da idade adulta⁵³.

21

1.4 Sistemas músculo esqueléticos

Para manter o equilibrio será indispensable a correcta e coordinada acción motora do sistema músculo esquelético, para o cal o SNC precisa dos inputs que proveñen da múltiple información sensorial e da xeración dos comandos motores axeitados a cada situación motriz⁵⁴.

O aparello locomotor, desenvólvese de xeito sensible durante a infancia e o seu correcto funcionamento inflúe no mantemento da postura axeitada. Os finos mecanismos multiarticulares involucran a todos os segmentos corporais, sendo as estratexias de nocellos e cadeiras as principais para o mantemento da posición erguida, levando a cabo flexións de cadeira e da planta do pé flexionando os nocellos⁵⁵⁻⁵⁷. Cando a desviación corporal é reducida, poderíase simplificar coa pivotación sobre o nocello, pero se os axustes posturais son maiores, requirírase a acción de múltiples segmentos corporais para o control da aceleración do CG e manter o equilibrio, con estratexias de cadeira e tronco e incluso coa realización dun paso para evitar a caída^{58, 59}.

Para manter o equilibrio polo tanto, requírese da correcta coordinación sensoriomotora de numerosos músculos e de complexos cambios de acción-reacción muscular para controlar os segmentos corporais e contrarrestar os cambios do CG para manter a postura^{60, 61}. Requírense ademais propiedades musculares (viscosidade, rixidez, forza, etc.) E dos mecanismos de coordinación neuronal⁶². Na infancia, os axustes posturais presentan unha evolución ata os 12 anos polo menos, e son máis eficientes debido ao aumento da activación, a coordinación e a apropiada funcionalidade muscular, mellorando as estratexias para manter a postura ante diferentes tipos de habilidades⁵⁸. Nesta etapa vital aparecen grandes cambios na fisionomía corporal, e unha musculatura mellorada estará relacionada con un mellor equilibrio^{35, 63}.

Finalmente, as funcións antigravidade que posúe o corpo baséanse en primeiro lugar na rixidez das articulacións para soportar as forzas da gravidade resultantes sobre os segmentos corporais e as forzas de reacción ao chan resultantes; en segundo lugar, na necesidade de posuír un adecuado ton postural e muscular, principalmente nos músculos extensores antigravitacionais de pernas, coxa, tronco, pescozo e cabeza⁶⁴.

1.5 Biomecánica e recursos implicados na estabilidade postural

22 Está amplamente definido o CP como a capacidade de manter o CG dentro da BS, comprendendo esta como a área que se atopa baixo os nosos pés. O CG é un punto imaxinario que está influído pola forza de gravidade, de referencia de calquera obxecto no espazo, incluído o corpo humano e é unha resultante de todas as forzas internas e externas e da media de todos os centros de masa dos segmentos corporais⁶⁵. Este punto, nunha posición estática e erguida, atópase de xeito aproximado a dous centímetros por diante da segunda vértebra lumbar, pero a súa posición cambia no momento de realizar movementos. Igualmente estará influenciado pola fisionomía dos nenos e nenas (altura, peso, distribución da masa corporal, etc.). O CG, aplica un empuxe cara abaixo sobre a superficie de contacto co chan, movendo o centro de presións (CoP), punto que representa unha media ponderada de todas as presións sobre a superficie de apoio no chan, e que define coma o punto no chan onde se coloca o vector de forza vertical resultante^{10, 66}. Se o CoP non consegue controlar o movemento de aceleración que se produce nos movementos corporais sobre o CG, a reacción consistirá en dar un paso para incrementar a BS, axudándose de segmentos corporais para controlar o movemento, coma os brazos. Por isto, a BS e a súa calidade, inflúe como factor biomecánico para manter o equilibrio na infancia, influenciada por aspectos biomecánicos coma os grados de liberdade de articulacións de nocellos e cadeiras.

O permanente control do CG, asume o modelo que require de múltiples e complexos procesos que se producen en numerosos segmentos corporais, en contrapartida da simplificación do modelo de péndulo invertido, reducindo a estabilidade a unha única articulación (nocello) e considerando o resto do corpo como un modelo ríxido. Ademais, os factores mecánicos poden estar influenciados por aspectos internos (a altura do CG, a forza muscular, as limitacións articulares ou a coordinación) e externos (amplitude da BS, estabilidade de apoio, altura no apoio ou dobre tarefa).

Finalmente, a tenor do visto, esta capacidade multifactorial empregará diferentes recursos corporais para lograr manter o equilibrio durante tarefas motrices. Os recursos abarcarán desde estratexias biomecánicas, motoras, sensoriais e aspectos internos corporais ou influencias externas. Estas esixencias terán unha maior significación en etapas de formación. Todos os recursos empregados, interrelaciónanse entre si de forma constante e son seis segundo autores coma Horak⁶¹:

- As estratexias sensoriais: integración e ponderación da información sensorial.
- As estratexias motoras: reactivas, anticipatorias e voluntarias.
- As esixencias biomecánicas: graos de liberdade, forza muscular e limitacións de estabilidade do corpo.

- Os procesos cognitivos: recursos atencionais e capacidade de aprendizaxe.
- A orientación no espazo: depende da percepción, a gravidade, as superficies de apoio, a visión e a verticalidade á que se está sometido.
- O control de condicións dinámicas da marcha de grandes movementos.

23

1.6 Maduración e desenvolvemento do control postural na infancia

Na ontoxénese de cada individuo, irá variando a importancia das estratexias sensoriais e dos sistemas corporais na adquisición dun correcto CP, xa que isto tamén estará influído polo seu proceso madurativo⁶⁷⁻⁶⁹. Durante a infancia, comeza o acoplamento e integración da información sensorial, evolucionando ata a adolescencia⁷⁰⁻⁷². Tamén irá da man da evolución do SN, que non se completa ata a etapa adulta, o que permitirá un adecuado desenvolvemento motor, coa produción de adecuadas sinerxias musculares, o que posibilitará que os nenos e nenas adquiran habilidades de maior complexidade de xeito paulatino co paso dos anos^{37, 73, 74}.

Hai que destacar o proceso de desenvolvemento motor nas estratexias de control segmentario de cabeza, tronco e pelve, que son imprescindibles para manter a posición erguida, camiñar, erguerse ou sentarse mantendo o equilibrio^{43, 75}.

No tocante á evolución e desenvolvemento do CP, seguen existindo moitas incógnitas. As evidencias, afirman un cambio significativo na maduración a partir dos ⁶⁻⁷ anos, convertendo a esta idade nun período sensible^{73, 76}. Isto pode ser debido ás estratexias de integración sensorial, que se producen de xeito dispar. O sistema visual alcanza a madurez fisiolóxica aos 5 anos, ata os 7 anos os nenos e nenas non conseguen resolver axeitadamente as situacións sensoriais conflitivas; existe un crecemento madurativo ao longo de este período; ata os 9 anos non se consegue integrar eficientemente as entradas de información que proveñen do sistema vestibular; e finalmente, entre os 12 ou 15 anos non se consegue resolver a intrincada e complexa integración dos tres sistemas sensoriais.

A integración da información sensorial xogará polo tanto un papel fundamental na evolución e mellora da postura e do control postural. Os nenos e nenas con un desenvolvemento sá terán unha integración visual e vestibular máis eficiente. Isto prodúcese pola eficiencia na percepción dos mesmos. O tempo que transcorre entre esta percepción, o procesamento da información e a execución denomínase, fiestra de enlaces temporais³⁶. Esta fiestra evoluciona positivamente e os tempos son mellores en nenos maiores ata a etapa adulta, ata a vellez, onde diminúe sendo isto correlacional cun peor equilibrio³⁶.

Na literatura ademais, un dos temas que maior interese desperta é as diferenzas entre sexos. A maior parte dos estudos reportan resultados mellores en nenas que

en nenos entre os 6 e os 12 anos^{43, 77, 78}, e aínda que a evolución das funcións executivas parece ocorrer de xeito paralelo en ambos sexos, moitos estudos indican que as nenas teñen unha maduración previa en áreas relacionadas co procesamento da información espacial e temporal, aínda que os nenos parecen ter un mellor desempeño en accións motrices que dependan do razoamento na resolución ou da memoria sobre a tarefa realizada⁵. Suxírese que o mellor desempeño por parte das nenas débese á mellor integración sensorial e ao desenvolvemento madurativo e neuromuscular previo. Non obstante, deben seguir realizándose outros estudos, xa que estas diferenzas seguen sendo debatibles na literatura^{73, 79}.

1.7 Fisiopatoloxía do control postural en poboación infantil

Na infancia deben diagnosticarse da forma máis temperá posible os déficits, disfuncións, patoloxías ou anomalías do CP, xa que esta é unha etapa de desenvolvemento sensible dos aspectos relacionados co CM. Foron amplamente estudadas as patoloxías ou disfuncións que complican a información perceptiva que provén dos sistemas corporais sensoriais auditivos, visuais e propioceptivos. Os nenos e nenas que presentan dificultades ou deficiencias na integración ou percepción da información sensorial que provén do exterior, terán unha peor acción motora e isto aumentará o risco de caídas.

Os desordes relacionados co sistema vestibular, ou anomalías auditivas, provocan unha peor integración da información sensorial e a orientación espacial, causando dificultades na adquisición de habilidades motrices complexas, maior risco de caídas e incluso provocando mareos ou vertixes^{80, 81}. Conxuntamente, a investigación no uso dos implantes cocleares en pacientes pediátricos sobre a función do CP, permitiu reportar melloras na integración sensorial, a percepción espazotemporal e un mellor CP nas mostras investigadas⁸².

En relación á visión, este é un mecanismo a ter moi en conta na infancia, xa que é o mecanismo de maior influencia na recepción de información que procede do exterior, para poder dar a resposta motriz adecuada ou os axustes posturais oportunos⁸³⁻⁸⁵. Os suxeitos con cegueira ou disfunción da visión, presentan patróns motrices atípicos, cun peor equilibrio estático e patróns da marcha de menor velocidade ou con menor lonxitude de paso^{84, 86}. A fisiopatoloxía ocular debe estar moi vixiada na poboación infantil, pois é un tema que preocupa a organizacións mundiais como reflicte o último informe da OMS, cun grande aumento de patoloxías como a miopía ante o uso de pantallas^{87, 88}. Ademais da miopía, foron investigadas outras anomalías coma a ambliopía ou a ambliopía estrábica con estudos que demostran valores deficitarios de CP en nenos e nenas que as padecen⁸⁹⁻⁹².

E finalmente os desordes relacionados co procesamento sensorial cenestésico ou sensoriomotor. Neste sentido pódese falar de desordes do desenvolvemento ou pa-

toloxías clínicas que afectan á integración da información e ao feedback dos músculos, articulacións e tendóns^{93, 94}. Os nenos e nenas que presentan patoloxías do desenvolvemento, poden presentar dificultade no procesamento propioceptivo e neurocognitivo ou déficits no funcionamento fisiolóxico de músculos, articulacións e tendóns. Dentro da literatura, pódese observar a relación dun déficit do equilibrio en poboación pediátrica con patoloxías que presentan comorbilidades coma a hiperlaxitude articular, dificultades na coordinación e plantexamento e execución da acción motora. Tamén niveis de actividade elevadas ou deficientes, dificultade de atención ou dificultades de relación social (asociado a un baixo autoconceito e autoestima)³⁷. Algunhas delas son o trastorno de desenvolvemento da coordinación, as parálises cerebrais, a ataxia cerebelar, os trastornos do espectro autista, o síndrome de down ou o trastorno por déficit de atención e hiperactividade⁹⁴⁻¹⁰².

1.8 Referencias

1. Magill RA and Anderson D. Motor Learning and Control : Concepts and Applications., <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5473328> (2016).
2. Gallahue DL, Ozmun JC and Goodway J. *Understanding motor development : infants, children, adolescents, adults*. New York: McGraw-Hill, 2012.
3. Matarma T. Associations between motor skills, physical activity, and sedentary behavior – Early childhood in focus 2020.
4. Kostyanaya M and Rossouw P. Alexander Luria: Life, research and contribution to neuroscience. *International Journal of Neuropsychotherapy* 2013; 1: 47–55.
5. Anderson P. Assessment and Development of Executive Function (EF) During Childhood. *Child Neuropsychology* 2002; 8: 71–82.
6. Semrud-Clikeman, Margaret,, Ellison, Anne Teeter,,. *Child neuropsychology assessment and interventions for neurodevelopmental disorders*. New York; London: Springer, 2009.
7. Zhen Lee W and Kuan G. Promoting Motor Skills Development in Early Childhood Children in Kelantan, Malaysia . In: Antala B, Demirham G, Carraro A, et al (eds) *Physical Education in Early Childhood Education and Care: Researches – Best Practices –Situation*. . Bratislava: Slovak Scientific Society for Physical Education and Sport and FIEP, 2019, p.433.
8. Horak FB, Kluzik J and Hlavacka F. Velocity dependence of vestibular information for postural control on tilting surfaces. *J Neurophysiol* 2016; 116: 1468–1479.
9. Karnath HO, Ferber S and Dichgans J. The neural representation of postural control in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2000; 97: 13931–13936.
10. Mancini M, Nutt JG and Horak FB. Chapter 1 - How is balance controlled by the nervous system?. In: Mancini M, Nutt JG and Horak FB (eds) *Balance Dysfunction in Parkinson's Disease*. Academic Press, 2020, p.1.
11. Shumway-Cook, Anne,, Woollacott, Marjorie H.,,. *Motor control : theory and practical applications*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995, p.323.
12. Horak FB. Postural compensation for vestibular loss and implications for rehabilitation. *Restor Neurol Neurosci* 2010; 28: 57–68.

13. Sousa AS, Silva A and Tavares JM. Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: a review. *Somatosens Mot Res* 2012; 29: 131–143.
14. Jung HK, Chung E and Lee BH. A comparison of the balance and gait function between children with Down syndrome and typically developing children. *J Phys Ther Sci* 2017; 29: 123–127.
15. Mancini M and Horak FB. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Phys Rehabil Med* 2010; 46: 239–248.
16. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, et al. What is balance?. *Clin Rehabil* 2000; 14: 402–406.
17. Verbecque E, Vereeck L and Hallemans A. Postural sway in children: A literature review. *Gait Posture* 2016; 49: 402–410.
18. Katic R, Bonacin D and Blazevic S. Phylogenetically conditioned possibilities of the realization and of the development of complex movements at the age of 7 years. *Coll Antropol* 2001; 25: 573–583.
19. Peterka RJ. Sensory integration for human balance control. *Handb Clin Neurol* 2018; 159: 27–42.
20. Feldman AG. Physiological Origin and Feed-Forward Nature of Referent Control. In: Feldman AG (ed) *Referent control of action and perception: Challenging conventional theories in behavioral neuroscience*. New York, NY: Springer New York, 2015, p.83.
21. Edmunds KJ, Petersen H, Hassan M, et al. Cortical recruitment and functional dynamics in postural control adaptation and habituation during vibratory proprioceptive stimulation. *J Neural Eng* 2019; 16: 026037–2552/ab0678. Epub 2019 Feb 12.
22. Slobounov S, Hallett M, Stanhope S, et al. Role of cerebral cortex in human postural control: an EEG study. *Clin Neurophysiol* 2005; 116: 315–323.
23. Friðriksdóttir R, Karlsson GH, Svansson HÁ, et al. Brain Processing During Postural Control – A Study Case. In: *XV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing – MEDICON 20* (eds Henriques J, Neves N and de Carvalho P), pp.1147–1154. Cham: Springer International Publishing.
24. Zwergal A, Linn J, Xiong G, et al. Aging of human supraspinal locomotor and postural control in fMRI. *Neurobiol Aging* 2012; 33: 1073–1084.
25. Goble DJ, Coxon JP, Van Impe A, et al. The neural basis of central proprioceptive processing in older versus younger adults: an important sensory role for right putamen. *Hum Brain Mapp* 2012; 33: 895–908.
26. Naito E, Nakashima T, Kito T, et al. Human limb-specific and non-limb-specific brain representations during kinesthetic illusory movements of the upper and lower extremities. *Eur J Neurosci* 2007; 25: 3476–3487.
27. Lopez C, Blanke O and Mast FW. The human vestibular cortex revealed by coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis. *Neuroscience* 2012; 212: 159–179.
28. Rosso M, Moens B, Leman M, et al. Neural entrainment underpins sensorimotor synchronization to dynamic rhythmic stimuli. *NeuroImage* 2023. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2023.120226.
29. Gur-Hartman T, Tarrasch R, Zerem A, et al. Consequences of vestibular hypofunction in children with ADHD/DCD. *European Journal of Paediatric Neurology* 2024. DOI: 10.1016/j.ejpn.2024.06.008.
30. Jacobs JV and Horak FB. Cortical control of postural responses. *J Neural Transm (Vienna)* 2007; 114: 1339–1348.
31. Morton SM and Bastian AJ. Cerebellar control of balance and locomotion. *Neuroscientist* 2004; 10: 247–259.

32. Takakusaki K. Functional Neuroanatomy for Posture and Gait Control. *J Mov Disord* 2017; 10: 1–17.
33. de Lima-Pardini AC, Coelho DB, Souza CP, et al. Effects of spinal cord stimulation on postural control in Parkinson's disease patients with freezing of gait. *Elife* 2018; 7: 10.7554/eLife.37727.
34. Horlings CG, Kung UM, Honegger F, et al. Vestibular and proprioceptive influences on trunk movements during quiet standing. *Neuroscience* 2009; 161: 904–914.
35. Sinno S, Dumas G, Mallinson A, et al. Changes in the Sensory Weighting Strategies in Balance Control Throughout Maturation in Children. *J Am Acad Audiol* 2020; 32: 122.
36. Malone AK, Hungerford ME, Smith SB, et al. Age-Related Changes in Temporal Binding Involving Auditory and Vestibular Inputs. *Semin Hear* 2023. DOI: 10.1055/s-0043-1770137.
37. Medina Alva MD, Kahn IC, Munoz Huerta P, et al. Child neurodevelopment: normal characteristics and warning signs in children under five years. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 2015; 32: 565–573.
38. Pirôpo U, Rocha J, Passos R, et al. Influence of visual information in postural control: Impact of the used stabilometric analysed methods. *European Journal of Human Movement* 2016; 37: 21–29.
39. Yoshida K, An Q, Yozu A, et al. Visual and Vestibular Inputs Affect Muscle Synergies Responsible for Body Extension and Stabilization in Sit-to-Stand Motion. *Front Neurosci* 2019; 12: 1042.
40. Martin Sanz E, Barona de Guzman R, Comeche Cerveron C, et al. Analysis of the interaction between visual and vestibular influence in postural control. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2004; 55: 9–16.
41. Feldman AG and Zhang L. Eye and head movements and vestibulo-ocular reflex in the context of indirect, referent control of motor actions. *J Neurophysiol* 2020; 124: 115–133.
42. Hafstrom A, Fransson PA, Karlberg M, et al. Visual influence on postural control, with and without visual motion feedback. *Acta Otolaryngol* 2002; 122: 392–397.
43. Verbecque E, da Costa PH, Meyns P, et al. Age-related changes in postural sway in preschoolers. *Gait Posture* 2016; 44: 116–122.
44. Cullen KE. The vestibular system: multimodal integration and encoding of self-motion for motor control. *Trends Neurosci* 2012; 35: 185–196.
45. Ahmad SA, Abdul Wahat NH, Zakaria MN, et al. cVEMPs and oVEMPs normative data in Malaysian preschool and primary school-aged children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2020; 135: 110132.
46. Shams A, Vameghi R, Shamsipour Dehkordi P, et al. The development of postural control among children: Repeatability and normative data for computerized dynamic posturography system. *Gait Posture* 2020. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.03.002.
47. Simoneau GG, Ulbrecht JS, Derr JA, et al. Role of somatosensory input in the control of human posture. *Gait Posture* 1995. DOI: 10.1016/0966-6362(95)99061-O.
48. Ferre ER, Day BL, Bottini G, et al. How the vestibular system interacts with somatosensory perception: a sham-controlled study with galvanic vestibular stimulation. *Neurosci Lett* 2013; 550: 35–40.
49. Guzman-Munoz E, Sazo-Rodriguez S, Concha-Cisternas Y, et al. Four Weeks of Neuromuscular Training Improve Static and Dynamic Postural Control in Overweight and Obese Children: A Randomized Controlled Trial. *J Mot Behav* 2020; 52: 761–769.
50. Mani H, Miyagishima S, Kozuka N, et al. Development of postural control during single-leg standing in children aged 3–10 years. *Gait Posture* 2019; 68: 174–180.
51. Akbarfahimi N, Hosseini SA, Rassafiani M, et al. The reactive postural control in spastic cerebral palsy children. *Iranian Rehabilitation Journal* 2012; 10: 66–74.

52. Plandowska M, Lichota M and Gorniak K. Postural stability of 5-year-old girls and boys with different body heights. *PLoS One* 2019; 14: e0227119.
53. Peterson ML, Christou E and Rosengren KS. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait Posture* 2006; 23: 455–463.
54. Torres-Oviedo G and Ting LH. Muscle synergies characterizing human postural responses. *J Neurophysiol* 2007; 98: 2144–2156.
55. Hodges PW, Gurfinkel VS, Brumagne S, et al. Coexistence of stability and mobility in postural control: evidence from postural compensation for respiration. *Exp Brain Res* 2002; 144: 293–302.
56. McCollum G, Shupert CL and Nashner LM. Organizing sensory information for postural control in altered sensory environments. *J Theor Biol* 1996; 180: 257–270.
57. Rasman BG, Forbes PA, Tisserand R, et al. Sensorimotor Manipulations of the Balance Control Loop-Beyond Imposed External Perturbations. *Front Neurol* 2018; 9: 899.
58. Mills R, Levac D and Sveistrup H. Kinematics and postural muscular activity during continuous oscillating platform movement in children and adolescents with cerebral palsy. *Gait Posture* 2018; 66: 13–20.
59. Peterka RJ. Simplifying the complexities of maintaining balance. *IEEE Eng Med Biol Mag* 2003; 22: 63–68.
60. Bruhn S, Kullmann N and Gollhofer A. The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance. *Int J Sports Med* 2004; 25: 56–60.
61. Horak FB and Macpherson JM. Postural Orientation and Equilibrium. In: Anonymous , 2011, p.255.
62. Hettich G, Asslander L, Gollhofer A, et al. Human hip-ankle coordination emerging from multi-sensory feedback control. *Hum Mov Sci* 2014; 37: 123–146.
63. Lee AJ and Lin WH. The influence of gender and somatotype on single-leg upright standing postural stability in children. *J Appl Biomech* 2007; 23: 173–179.
64. Massion J. Postural control systems in developmental perspective. *Neurosci Biobehav Rev* 1998; 22: 465–472.
65. Iqbal K. Mechanisms and models of postural stability and control. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2011; 2011: 7837–7840.
66. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture* 1995. DOI: 10.1016/0966-6362(96)82849-9.
67. Cuisinier R, Olivier I, Vaugoyeau M, et al. Reweighting of sensory inputs to control quiet standing in children from 7 to 11 and in adults. *PLoS One* 2011; 6: e19697.
68. Assaiante C and Amblard B. An ontogenetic model for the sensorimotor organization of balance control in humans. *Human Movement Science* 1995. DOI: 10.1016/0167-9457(94)00048-J.
69. Mallau S, Vaugoyeau M and Assaiante C. Postural strategies and sensory integration: no turning point between childhood and adolescence. *PLoS One* 2010; 5: 10.1371/journal.pone.0013078.
70. Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, et al. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Dev Med Child Neurol* 2006; 48: 477–482.
71. Cumberworth VL, Patel NN, Rogers W, et al. The maturation of balance in children. *J Laryngol Otol* 2007; 121: 449–454.

72. Cheung TCK and Schmuckler MA. Multisensory and biomechanical influences on postural control in children. *Journal of Experimental Child Psychology* 2023. DOI: 10.1016/j.jecp.2023.105796.
73. Schedler S, Kiss R and Muehlbauer T. Age and sex differences in human balance performance from 6-18 years of age: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2019; 14: e0214434.
74. Blaszczyk JW, Fredyk A, Blaszczyk PM, et al. Step Response of Human Motor System as a Measure of Postural Stability in Children. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2020; 28: 895–903.
75. Blanchet M, Prince F and Messier J. Development of postural stability limits: Anteroposterior and mediolateral postural adjustment mechanisms do not follow the same maturation process. *Hum Mov Sci* 2019; 63: 164–171.
76. Verbecque E, da Costa PH, Meyns P, et al. Age-related changes in postural sway in preschoolers. *Gait Posture* 2016; 44: 116–122.
77. Garcia-Lineira J, Leiros-Rodriguez R, Romo-Perez V, et al. Sex differences in postural control under unstable conditions in schoolchildren with accelerometric assessment. *Gait Posture* 2021; 87: 81–86.
78. Smith AW, Ulmer FF and Wong del P. Gender differences in postural stability among children. *J Hum Kinet* 2012; 33: 25–32.
79. Butz SM, Sweeney JK, Roberts PL, et al. Relationships among age, gender, anthropometric characteristics, and dynamic balance in children 5 to 12 years old. *Pediatr Phys Ther* 2015; 27: 126–133.
80. Cushing SL, Papsin BC, Rutka JA, et al. Evidence of vestibular and balance dysfunction in children with profound sensorineural hearing loss using cochlear implants. *Laryngoscope* 2008; 118: 1814–1823.
81. Melo RS, Marinho SEDS, Freire MEA, et al. Static and dynamic balance of children and adolescents with sensorineural hearing loss. *Einstein (Sao Paulo)* 2017; 15: 262–268.
82. Wolter NE, Gordon KA, Campos JL, et al. BalanCI: Head-Referenced Cochlear Implant Stimulation Improves Balance in Children with Bilateral Cochleovestibular Loss. *Audiol Neurotol* 2020; 25: 60–71.
83. de Padua M, Sauer JF and Joao SMA. Quantitative Postural Analysis of Children With Congenital Visual Impairment. *J Manipulative Physiol Ther* 2018; 41: 62–70.
84. D’Anna C, Gazzellini S, Petrarca M, et al. Time to boundary function to assess upright stance in blind children. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2015; 2015: 3468–3471.
85. Gazzellini S, Lispi ML, Castelli E, et al. The impact of vision on the dynamic characteristics of the gait: strategies in children with blindness. *Exp Brain Res* 2016; 234: 2619–2627.
86. Hallemans A, Ortibus E, Meire F, et al. Low vision affects dynamic stability of gait. *Gait Posture* 2010; 32: 547–551.
87. World HO. *World report on vision*. Geneva: World Health Organization, 2019.
88. He M, Xiang F, Zeng Y, et al. Effect of Time Spent Outdoors at School on the Development of Myopia Among Children in China: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2015; 314: 1142–1148.
89. Lions C, Bui-Quoc E and Bucci MP. Postural control in strabismic children versus non strabismic age-matched children. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2013; 251: 2219–2225.
90. Zipori AB, Colpa L, Wong AMF, et al. Postural stability and visual impairment: Assessing balance in children with strabismus and amblyopia. *PLoS One* 2018; 13: e0205857.
91. Moon BY, Cho HG, Yu DS, et al. Uncorrected low hyperopia in young subjects induces postural instability even in those with clear visual acuity. *PLoS One* 2019; 14: e0224031.

92. Nouraeinejad A. Effect of Strabismus and Amblyopia on Postural Stability. *TOJ* 2023. DOI: 10.31486/toj.22.0104.
93. Blanche EI, Bodison S, Chang MC, et al. Development of the comprehensive observations of proprioception (COP): validity, reliability, and factor analysis. *Am J Occup Ther* 2012; 66: 691–698.
94. Weimer AK, Schatz AM, Lincoln A, et al. “Motor” impairment in Asperger syndrome: evidence for a deficit in proprioception. *J Dev Behav Pediatr* 2001; 22: 92–101.
95. Verbecque E, Johnson C, Rameckers E, et al. Balance control in individuals with developmental coordination disorder: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture* 2021; 83: 268–279.
96. Iosa M, de Sanctis M, Summa A, et al. Usefulness of Magnetoinertial Wearable Devices in Neuro-rehabilitation of Children with Cerebral Palsy. *Appl Bionics Biomech* 2018; 2018: 5405680.
97. Farinelli V, Palmisano C, Marchese S, et al. Postural Control in Children with Cerebellar Ataxia. *Applied Sciences* 2020; 10: 1606.
98. Rigoldi C, Galli M, Mainardi L, et al. Postural control in children, teenagers and adults with Down syndrome. *Res Dev Disabil* 2011; 32: 170–175.
99. Shorer Z, Becker B, Jacobi-Polishook T, et al. Postural control among children with and without attention deficit hyperactivity disorder in single and dual conditions. *Eur J Pediatr* 2012; 171: 1087–1094.
100. Subara-Zukic E, McGuckian TB, Cole MH, et al. Locomotor-cognitive dual-tasking in children with developmental coordination disorder. *Front Psychol* 2024. DOI: 10.3389/fpsyg.2024.1279427.
101. Uysal İ, Özden F, Tümtürk İ, et al. The effectiveness of dual task exercise training on balance, mobility, physical performance, and quality of life in children with cerebral palsy: a single-blind randomized controlled trial. *Ir J Med Sci* 2023. DOI: 10.1007/s11845-023-03530-3.
102. Chisari D, Vitkovic J, Clark R, et al. Vestibular Function and Postural Control in Children with Autism Spectrum Disorder. *JCM* 2024; 13.

Capítulo 02

Avaliación e valoración do control postural na infancia

31

2.1 Medición e análise do equilibrio e do control postural na infancia

A análise e medición do control postural (CP), resultou tradicionalmente complexo, xa que é unha capacidade na que participan múltiples factores e mecanismos corporais. Existen unha gran cantidade de métodos, ferramentas e propostas para a súa análise. Na infancia a valoración do CP estivo infravalorada cando nos referimos a nenos e nenas con un desenvolvemento madurativo típico, xa que nesta poboación non xera o desasosiego que provoca noutros tipos de poboación, coma na xeriatría ou en suxeitos con patoloxías que poden ter un maior risco de caídas. Porén, o coñecemento dos niveis desta capacidade en nenos sans e nenas sas é tamén necesario para a detección temperá de anomalías ou déficits, investigar sobre aspectos biomecánicos e indagar nalgunhas das incógnitas neurolóxicas que seguen presentes a día de hoxe. Noutro aspecto, a valoración do equilibrio tamén recibiu críticas polo alto compoñente cualitativo dalgúns dos métodos máis usados en poboación pediátrica, nos que pode aparecer unha alta subxectividade por parte do avaliador que as utiliza. Estas críticas asóciase á aparición doutros métodos novidosos, que aportan gran validez, sensibilidade e fiabilidade na medición, e que permiten replantexar de maneira significativa o xeito de valorar esta capacidade en nenos e nenas e con distintas finalidades, desde a clínica, ata a relacionada co campo da motricidade ou o rendemento.

2.2 Valoración funcional do equilibrio e do control postural durante a infancia

Na infancia, os estudos sobre o control postural céntranse en coñecer como evoluciona co paso dos anos e as diferenzas entre sexos, observando que existen diferentes tipos de valoración segundo o contorno de valoración e a finalidade perseguida. No contorno clínico, a finalidade principal é a de detectar patoloxías ou desordes relacionados cos sistemas neurolóxicos ou sensoriais que poden condicionar en gran

medida o mantemento da postura; no contorno deportivo ou da actividade física, a finalidade encamiñase cara un análise orientada á biomecánica e propoñendo métodos que desvelen o rendemento e funcionamento dos sistemas do CP durante actividades motrices; e no contorno escolar foron desenvolto test motrices de observación directa para poder levar a cabo durante as aulas de educación física.

As necesidades do ámbito de cada avaliador ou avaliadora condicionarán o tipo de valoración e instrumentación necesaria, e isto condicionou a aparición de numerosos test motrices, ferramentas e tecnoloxías. Ademais a valoración estará condicionada polos factores ou sistemas que rexen o CP e que desexan ser avaliados¹. Na literatura, obsérvase unha especial predilección polos sistemas sensoriais e a súa privación, tratando de atopar como inflúen e como se desenvolven. O equilibrio pode dividirse en equilibrio estático e dinámico estable (de pé e camiñar), en equilibrio proactivo (anticipación a unha alteración postural prevista) e en equilibrio reactivo (reacción ante unha alteración postural imprevisible)^{2,3}. Polo que os métodos de valoración teñen que responder ás incógnitas que se producen nos catro tipos de equilibrio mencionados, por exemplo en situacións normais e outras coma recollendo unha carga, camiñando sobre unha barra ou cunha perturbación inesperada.

2.3 Sistemas de valoración clínica e observación directa do equilibrio e do control postural

Existen diversos sistemas de valoración clínica e funcional do equilibrio na infancia recollidos na literatura. Destacar nunha recente revisión a versatilidad e variedade dos instrumentos utilizados para a valoración dos diferentes sistemas que inflúen no equilibrio, por exemplo o uso de test funcionales, os test en forma de batería ou test que buscan analizar tan só un sistema que rexe o equilibrio^{1,4}.

Desde o ámbito clínico, desenvolvéronse métodos de valoración do control postural co fin da detección de déficits relacionados cos sistemas do CP, trastornos vestibulares ou anomalías sensoriais. Teñen a virtude de ser de rápida implementación e con instrumentación pouco custosos, xa que utilizan rexistros de valoración observacional ou cuestionarios⁵. Algúns dos pioneiros no seu uso en nenos e nenas foron autores coma Romberg, Bass, Seashore ou Gessell⁶⁻¹⁰.

A valoración do equilibrio estático adoita consistir en sinxelas probas mantendo a posición de pé, cos pés colocados de distintos xeitos ou os apoios monopodais. Algúns das probas maiormente utilizadas son o Romberg Test, o Sharpened Romberg Test, o One Leg Standing Test ou o Flamenco Test¹¹⁻¹³. Todos as probas, varían en relación á privación ou á modificación sensorial dos sistemas visual, vestibular ou propioceptivo.

Na valoración do equilibrio dinámico, é común a realización de probas de marcha ou en camiñar sobre liñas ou barras que varían en grosor, distancia e altura. Algúns dos máis utilizados son o tandem gait test, o test de Unterberger Fukuda, o test de Babinsky Weill, o time up and go, o time up and down stairs, o 3-m backward test 10-meter walk test ou o 6 minute walk test¹⁴⁻²⁰.

Os de equilibrio sobre barra posúen tamén unha grande fiabilidade interna, pero existe pouca unificación de criterios e instrumentos. Teñen a vantaxe de dificultar a tarefa e non xerar que os suxeitos avaliados alcancen a puntuación máxima na proba, pero isto á vez, pode xerar un sesgo na valoración real da capacidade xa que poden influír factores como as experiencias previas dos suxeitos ou o medo á unha posible caída^{12, 21-23}.

Tamén existen outro tipo de probas de valoración do equilibrio dinámico relacionados co balanceo postural, os límites da estabilidade e o rango de movemento. Destacamos o *Pediatric reach test*, o *Star excursión balance test* e o *Y-balance test*²⁴⁻²⁷.

Existen tamén escalas funcionais do equilibrio con varias probas. Estas escalas foron estandarizadas, protocolarizadas e validadas. Entre elas facemos referencia á *Pediatric Balance Scale* (adaptada da súa versión en poboación adulta, a *Berg Balance Scale*), a escala de *Tinetti*, a *Pediatric Modified Dinamic Gait Index*, a *Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance* (P-CTSIB), o *Balance Error Scoring System* (BESS) e por último o *Kids-BESTtest* e a súa versión reducida do *Kids-Mini-BESTtest* (adaptado do *Balance evaluation system test* (BESTtest))²⁸⁻³³.

O equilibrio na poboación infantil tamén é común medilo con baterías xerais do desenvolvemento motor. As baterías xerais de movemento máis significativas inclúen de xeito habitual algún ítem de avaliación do equilibrio. Destacan a *Movement Assessment Battery for Children—Second Edition* (M-ABC-2), *Körperkoordinationstest für Kinder* (KTK), a *Bruininks Oseretsky Test* (BOT) (BOT-2) (BOT-2 SF), a batería *EU-ROFIT*, a *Get Skilled Get Active* (GSGA), a *PLAYbasic*, la *PLAYfun*, a *Preschooler Gross Motor Quality Scale* (PGMQ), *Teen Risk Screen*, *Gross Motor Development* (TGMD) ou a *Stay in Step Screening Test*^{34, 35} (Figura 2a.).

Sistemas de valoración do Equilibrio Postural en poboación infantil

Valoración clínica			
Estático		Límites de estabilidade	
❖ RT (Test de Romberg) ❖ SRT (Sharpened Romberg Test) ❖ FT (Test do flamenco) ❖ OLST (One leg Standing Test)		❖ PRT (Pediatric Reach Test) ❖ SEBT (Star Excursion Balance Test) ❖ YBT (Y-Balance Test) ❖ LOS (Limits of stability)	
Dinámico		Baterías ou escalas	
❖ TUG (Time up and go) ❖ TUDS (Time up and down stairs) ❖ TG (Tandem Gait Test) ❖ 10-MWT (10 Meter Walk Test) ❖ 6-MinWT (6-Minute Walk Test) ❖ Unterberger – Fukuda Test ❖ Babinsky – Weill Test ❖ Beam Balance Test		❖ PBS (Pediatric Balance Scale) ❖ Kids-BESTtest / Mini-Kids-BESTtest ❖ M-ABC (Movement assesment balance in children) ❖ Escala de Tinetti ❖ Pediatric Modified DGI (Dynamic Gait Index) ❖ P-CTSIB y M-CTISB (Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance) ❖ BESS (Balance Error Scoring System)	

Figura 2a Cadro resumo dos sistemas de valoración clínica do equilibrio postural en poboación infantil.
Fonte: elaboración propia.

2.4 Sistemas de valoración instrumental do equilibrio e do control postural

Por outra banda, a valoración do equilibrio tamén pode levarse a cabo co uso de tecnoloxía e instrumentación asociada á realización de probas funcionais. Este tipo de instrumentación abarca a campos específicos coma a saúde, a enxeñería ou a actividade física e deportiva. A unión destas áreas permitiu nas últimas décadas desenvolver numerosos xeitos de valoración dos sistemas que rexen o CP. Ademais a valoración do equilibrio con instrumentación permite conseguir datos cuantitativos,

deixando unicamente o deseño dos estudos e a interpretación dos resultados nas mans dos investigadores, reducindo polo tanto os erros humanos e a subxectividade nas medicións³⁶. Algúns destes métodos foron valorados co *gold standard* permitindo validar a fiabilidade de probas ou escalas clínicas descritas no apartado anterior. 35

En primeiro lugar, son frecuentemente utilizadas as plataformas de forza, tapices de forza ou plataformas de estabilometría na valoración do equilibrio estático. Estas valoran a presión exercida cando o suxeito se atopa de pé sobre elas ou movéndose nos distintos eixos espaciais³⁷. Este tipo de método úsase na posturografía computarizada estática (PCE) e dinámica (PCD), as cales miden o balanceo e os movementos do desprazamento do centro de presións^{34, 38, 39}. A medición combínase cos protocolos de valoración de probas como o *Sensory Organization Test* (SOT), o *Modified Clinical Test of Sensory Interaction for Balance* (m-CTSIB), o *Adaptation Test* (ADT), o *Motor Control Test* (MCT), o *Balance Error Scoring System* ou o *Romberg Test* entre outros. Este tipo de test ao levarse a cabo con condicionantes sensoriais distintas permiten descifrar os mecanismos de acción do CP, cunha fiabilidade en nenos de moderada a excelente nos apoios bipodais e establecendo que o parámetro de maior fiabilidade e a media da velocidade do balanceo do centro de presións^{34, 39, 40}.

Especificamente, existen algunhas diferenzas entre as plataformas da posturografía estática (PCE) e a dinámica (PCD). Na estática, as condicións son pouco modificables e a plataforma é fixa. Na dinámica, as plataformas son móbiles e pódense modificar os contornos visuais e somatosensoriais, podendo levar a cabo medicións do equilibrio con perturbacións externas^{37, 40, 41}. Existen moitos modelos de plataformas validadas, e no uso para a valoración do equilibrio con nenos e nenas algúns exemplos son as AMTI force platform®, as Balance Master® (neurocom, Int., Clackamas, OR), as Biodex® Balance System (Biodex medical system, Shirley, New York), a Wii® Balance Board, a equitest device® (neurocom, Int., Clackamas, OR), as *Moving Room* ou a Artoficio® (Artoficio, Ltd.a., Santiago, Chile)⁴²⁻⁴⁶.

Por outra banda está a análise da marcha, que precisa doutro tipo de instrumentación e de unha maior cantidade de espazo. Os sistemas de análise da marcha teñen a posibilidade de analizar variables como o número de pasos, a súa lonxitude, o tempo da zancada, a velocidade ou a presión sobre o chan exercida. Un exemplo amplamente validado son as pasarelas de presión Gaitrite® (CIR Systems, Estados Unidos), sistemas con células fotoeléctricas coma o Optogait® (optogait, Microgate, Bolzano, Italy), ou sistemas de gravación que posteriormente posibilitan a análise kinemática coma o Vicon® (Vicon Motion Systems Ltd., Oxford, UK), o Optotrak Certus® ou o codamotion® System (Charnwood Dynamics, Leicester-shire, UK) (Northern Digital, Waterloo, Ontario, Canada)^{19, 47-51}. Outro sistema son as solas sensitivas de presión coma a Tekscan® (Tekscan Inc., Boston, USA), Pedar-X® (Novel Pedar

System, Germany), ou Medilogic® (Schönefeld, Germany), que consisten en solas que se introducen dentro do calzado ou van suxeitas ao pé, e que rexistran a magnitude da presión mentres se camiña^{52, 53}.

- 36 Por último, nas últimas décadas aparecen os sistemas inerciais portátiles de movemento, sendo unha ferramenta coa vantaxe de permitir a medición do equilibrio estático e dinámico, en base aos movementos multisegmentais e ao control do centro de gravidade e non baseados no movemento do centro de presión. O que posibilita a súa colocación en diferentes puntos corporais e así coñecer os diferentes axustes posturais que se producen para manter a postura. Ademais son de reducido tamaño, con tecnoloxía inalámbrica e o seu uso presenta unha gran sinxeleza. Isto permite que poidan ser usados en diferentes contornas e non só en contornas clínicas ou de laboratorio. Existen diferentes tipos dependendo da tecnoloxía coa que contén (unidades magneto-inerciais, os acelerómetros e os xiroscopios), aínda que un sensor pode incluír varios tipos dentro da mesma unidade, logrando recoller unha maior cantidade de información. Neste caso falaríase de unidades de medida inercial (IMUs) ou unidades de medida magneto-inercial (MIMUs) os que conteñen os tres tipos de sensores⁵⁴⁻⁵⁶. Este tipo de ferramenta permite medir os cambios na orientación corporal para manter a postura, a aceleración, velocidade ou o desprazamento dos segmentos corporais aos que se atopan suxeitos para manter o equilibrio. Algúns exemplos son os mtw® (Xsens Technologies BV, Enschede, Netherlands), os Liberty® (Polhemus Inc., Vermont, USA). Estes sistemas foron comparados co *gold standard* das plataformas de forzas, en probas de equilibrio con ollos abertos e pechados logrando unha boa coherencia entre resultados ($r=0.84$) e valores de coeficiente de correlación intra-clase de moderados a bos ($ICC=0.54-0.86$)⁵⁷ (Figura 2b.)

Sistemas de valoración do Equilibrio Postural en poboación infantil

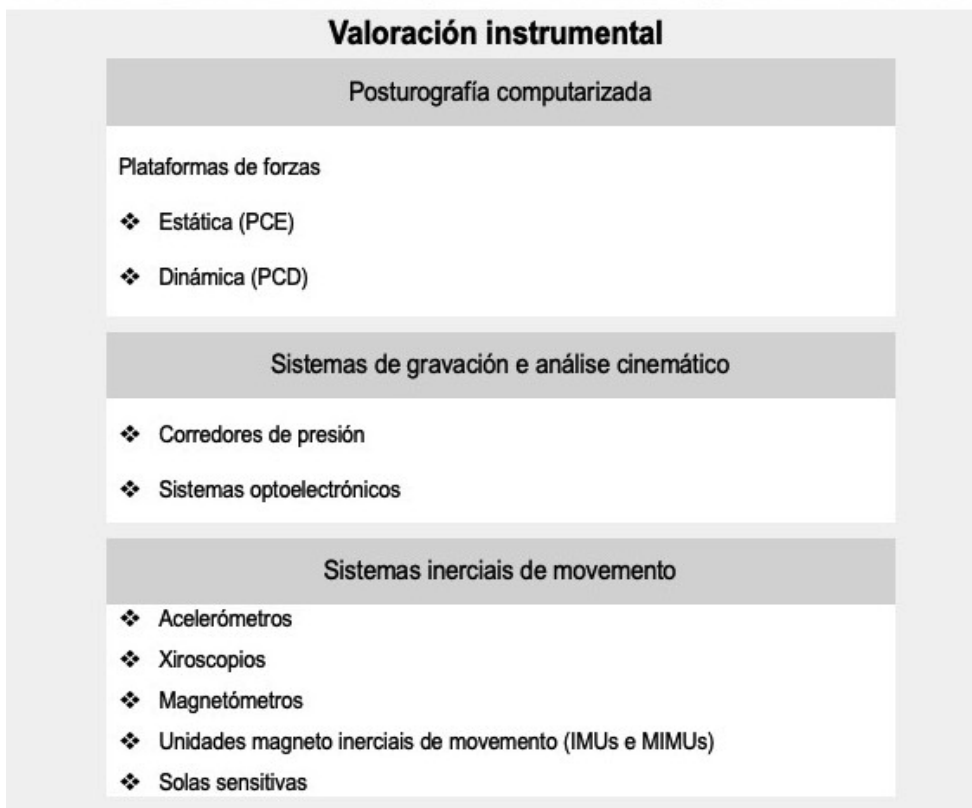


Figura 2b Cadro resumo do sistemas de valoración instrumental do equilibrio postural en poboación infantil. Fonte: elaboración propia

2.5 Sistemas de valoración acelerométrica do equilibrio e do control postural

Os avances tecnolóxicos no campo das técnicas de medición permitiron utilizar os sensores portátiles de movemento, entre os que se inclúen os acelerómetros, co fin de medir e analizar os movementos segmentarios corporais e o control do centro de gravidade á hora de manter unha postura determinada en detrimento doutras instrumentacións coma os sistemas optoelectrónicos. Esta tecnoloxía ten a vantaxe de ter un baixo custo, un reducido tamaño, un baixo peso e é portátil, podendo realizar valoracións do equilibrio en diferentes contornas^{54, 58}. Isto abre a posibilidade de realizar valoracións de alta fiabilidade a nenos e nenas, en contornas coma as esco-

las, os centros de adestramento deportivo ou os ambulatorios pediátricos que tiñan dificultade para acceder a custosas instrumentacións coma son as plataformas de forzas ou os sistemas optoelectrónicos.

- 38 Os acelerómetros foron deseñados para a medición de diferenzas nas variacións no tempo das forzas ou as aceleracións e desde a súa posta en funcionamento demostraron unha alta precisión e exactitude nos datos recollidos⁵⁹. Operan de xeito común coa piezoelectricidade, con estruturas cristalinas que poden estresarse e comprimirse coas forzas de aceleración que se crean, xerando cambios eléctricos nestas estruturas. Son inerciais, xa que miden o seu propio movemento e polo tanto o movemento do corpo ríxido ao que están suxeitos, tendo a capacidade de realizar a medición da aceleración lineal no espazo, e segundo a tecnoloxía coa que conte o sensor pode realizar esta medición nos tres eixos espaciais se é triaxial (eixe vertical, eixe mediolateral, eixe anteroposterior). Moitos dos sensores contan tamén con xiroscopios, o que permite capturar a aceleración angular ao longo dos eixos. O campo da enxeñaría, conseguiu lograr a miniaturización dos sensores e a inclusión de tres acelerómetros e tres xiroscopios ortogonais, podendo medir aceleracións angulares e lineais en tres dimensións. Este tipo de sensores de última xeración son denominados habitualmente IMUs (*Inertial Measurement Units*). Ademais, contan con tecnoloxía sen fíos para a transmisión de datos ou o almacenamento de datos de forma interna para posteriormente poder descargar^{54, 58}.

Os acelerómetros brindan unha información fiable sobre os axustes que se realizan para manter o equilibrio durante unha tarefa motriz, e aporta unha información de maior sensibilidade e obxectividade que o conxunto de probas clínicas observacionais. Non obstante, para lograr unha validez e fiabilidade nas medicións, deben seguirse unhas estratexias metodolóxicas básicas.

En primeiro lugar, nun sensor portátil un dos aspectos claves é a súa colocación no corpo humano. No canto da valoración do equilibrio, capacidade definida anteriormente neste manual, está amplamente xustificada a súa colocación na zona lumbo-pélvica, preto do centro de gravidade corporal en posicións bípedas ou monopodais de mantemento da postura. Se ben é certo que dependendo da tarefa motriz poden colocarse noutras partes ou segmentos corporais para obter información representativa da tarefa desempeñada (por exemplo, coa colocación no tronco para a valoración do balanceo corporal, na cabeza para valorar o control da mesma durante o equilibrio ou en articulación de brazos e pernas para valorar os axustes posturais producidos) o centro de gravidade foi definido como o lugar representativo dos movementos de todo o corpo. Observando en varias revisións sistemáticas que é frecuente a súa colocación á altura das vértebras lombares, entre L4 e L5^{56, 60-62}.

Os acelerómetros producen un gran volume de datos, o que require do desenvolvemento de algoritmos e de softwares especializados que permitan o procesado de datos. Algúns deles son algoritmos de integración, os vectores de observación, os fil-

tros Kalman, ou filtros complementarios⁵⁵. En canto á precisión das sinais, é habitual utilizar filtros de paso baixo para eliminar as interferencias na gravación entre 0.5Hz e 10 Hz, sendo os máis comúns os filtros *Butterworth*, *threshold* e os coeficientes de atenuación^{58, 60, 63, 64}. A maiores, os parámetros a analizar serán variados a depender do sensor utilizado. 39

Os acelerómetros requiren dunha configuración previa a súa utilización, observando na literatura unha gran variación entre estudos. A frecuencia utilizada na gravación de datos para a valoración do control postural é común que sexa establecida en 100Hz ou 50Hz, aínda que varía ata os 1000Hz⁶⁰. Outro aspecto a configurar é a gravación dos datos en *epochs*, que para a valoración dos axustes posturais é habitual establecelo en segundos. Os acelerómetros deben ser calibrados antes do seu uso en estático e sincronizalos co software do fabricante, e ao ser posible a súa colocación en varias zonas corporais ou varios sensores ao mesmo tempo, as configuracións deben ser as mesmas para a posterior comparación de datos⁵⁴.

No estudo dos axustes posturais con acelerometría, analízanse os rangos, as frecuencias, as medias das aceleracións lineais e angulares de cada eixe espacial e a súa Root Mean Square (RMS), as frecuencias centroidais, a lonxitude do desprazamento da aceleración ou a frecuencia da dispersión das aceleracións⁶⁰. A maiores, na marcha, tamén se estudan as lonxitudes de paso e a súa velocidade. Todas as aceleracións exprésanse en m/s² ou en unidades de gravidade (g) equivalente a 9.8 m/s². Destaca entre os anteriormente descritos, a análise da RMS, xa que é un parámetro que engloba aos módulos de aceleración dos tres eixos espaciais. O seu cálculo, realízase sumando a elevación ao cadrado do valor da aceleración de cada eixe espacial e extraendo a raíz cadrada^{65, 66}.

En canto ás opcións de sensores, os máis utilizados e validados son os triaxiais, con modelos como os Fitmeter® (Fit.Life Inco., Suwon, Korea), os Biometrics® (Biometrics, Newport, UK), os mtx® (xsens, Enschede, NL, USA) ou os Actigraph® (Actigraph, Pensacola, FL, USA)⁶⁷⁻⁷⁰. Tamén existe unha tendencia de uso dos acelerómetros instalados en dispositivos de telefonía móbil, IOS (iphone®, ipod touch® o ipad®, Apple Inc., Cupertino, California, USA) ou Android Samsung® (Samsung Electronics Co., Ltd., Suwon, South Korea)^{58, 71, 72}. Ou as unidades de medida inercial, IMUs e MI-MUs, Slam tracker® (SLAM Tracker, Wildbyte Technologies Ltd, Swansea, UK) ou Opal (APDM Inc., Portland, Oregon, USA)^{54, 64}.

Finalmente, concluír que existen diferenzas metodolóxicas no uso dos acelerómetros no estudo do control postural debido á que é unha tecnoloxía que mudou e evolucionou moito nas últimas décadas. Os avances nos campos da informática ou da enxeñaría permitiron abrir o seu uso a campos coma a xeriatria, a neuroloxía, a pediatría ou o deporte, xa que é un sistema de baixo custo e que pode ser utilizado en infinidade de lugares, contornas ou asociados a diferentes probas motrices para avaliar o estado do control postural.

2.6 Referencias

1. Johnson C, Hallemans A, Goetschalckx M, et al. Psychometric properties of functional postural control tests in children: A systematic review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 2023. DOI: 10.1016/j.rehab.2022.101729.
2. Shumway-Cook, Anne,, Woollacott, Marjorie H.,,. *Motor control : theory and practical applications*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995, p.323.
3. Schedler S, Kiss R and Muehlbauer T. Age and sex differences in human balance performance from 6-18 years of age: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2019; 14: e0214434.
4. Ockerman J, Velghe S, Van Bladel A, et al. Checks and balances: a meta-analysis on the known-groups validity of functional postural control tests in children. *Eur J Phys Rehabil Med* 2024. DOI: 10.23736/s1973-9087.24.08187-5.
5. Condon C and Cremin K. Static Balance Norms in Children. *Physiother Res Int* 2014; 19: 1–7.
6. Seashore HG. The Development of a Beam-Walking Test and Its Use in Measuring Development of Balance In Children 1947; 18: 246–259.
7. Hendrick I. The First Five Years of Life; A Guide to the Study of the Preschool Child. By Arnold Gesell, M.D.; and Henry M. Haver-son, Ph.D., Helen Thompson, Ph.D., Frances L. Ilg, M.D., Burton M. Castner, Ph.D., Louise Bates Ames, Ph.D., and Catherine S. Amatruda, M.D. From the Yale Clinic of Child Development. New York and London: Harper and Brothers, 1940. 393 pp. *Psychoanal Q* 1941; 10: 475–499.
8. Bass RI. An Analysis of the Components of Tests of Semicircular Canal Function and of Static and Dynamic Balance 1939; 10: 33–52.
9. Figura F, Cama G, Capranica L, et al. Assessment of static balance in children. *J Sports Med Phys Fitness* 1991; 31: 235–242.
10. Agrawal Y, Carey JP, Hoffman HJ, et al. The modified Romberg Balance Test: normative data in U.S. adults. *Otol Neurotol* 2011; 32: 1309–1311.
11. Johnson BG, Wright AD, Beazley MF, et al. The sharpened Romberg test for assessing ataxia in mild acute mountain sickness. *Wilderness Environ Med* 2005; 16: 62–66.
12. Sember V, Groselj J and Pajek M. Balance Tests in Pre-Adolescent Children: Retest Reliability, Construct Validity, and Relative Ability. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17: 10.3390/ijer-ph17155474.
13. Jung HK, Chung E and Lee BH. A comparison of the balance and gait function between children with Down syndrome and typically developing children. *J Phys Ther Sci* 2017; 29: 123–127.
14. Howell DR, Brilliant AN and Meehan WP,3rd. Tandem Gait Test-Retest Reliability Among Healthy Child and Adolescent Athletes. *J Athl Train* 2019; 54: 1254–1259.
15. Paquet N, Taillon-Hobson A and Lajoie Y. Fukuda and Babinski-Weil tests: within-subject variability and test-retest reliability in nondisabled adults. *J Rehabil Res Dev* 2014; 51: 1013–1022.
16. Miranda CS, Stefani CP, Morimoto MM, et al. Assessment of gait deviation on the Babinski-Weill test in healthy Brazilians. *Arq Neuropsiquiatr* 2013; 71: 615–620.
17. Verbecque E, Schepens K, There J, et al. The Timed Up and Go Test in Children: Does Protocol Choice Matter? A Systematic Review. *Pediatr Phys Ther* 2019; 31: 22–31.
18. Zaino CA, Marchese VG and Westcott SL. Timed up and down stairs test: preliminary reliability and validity of a new measure of functional mobility. *Pediatr Phys Ther* 2004; 16: 90–98.

19. Graser JV, Letsch C and van Hedel HJA. Reliability of timed walking tests and temporo-spatial gait parameters in youths with neurological gait disorders. *BMC Neurol* 2016; 16: 15–y.
20. Celik OF, Adiguzel H, Kirmaci ZIK, et al. Validity and reliability of the 3-meter backward walk test in children with cerebral palsy. *Acta Neurol Belg* 2023. DOI: 10.1007/s13760-023-02259-1.
21. Sawers A and Ting LH. Beam walking can detect differences in walking balance proficiency across a range of sensorimotor abilities. *Gait Posture* 2015; 41: 619–623.
22. Latorre-Román PA, Martínez-Redondo M, Párraga-Montilla JA, et al. Analysis of dynamic balance in preschool children through the balance beam test: A cross-sectional study providing reference values. *Gait & Posture* 2020. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.11.004.
23. Garcia-Lineira J, Leiros-Rodriguez R, Romo-Perez V, et al. Static and dynamic postural control assessment in schoolchildren: Reliability and reference values of the Modified Flamingo Test and Bar Test. *J Bodyw Mov Ther* 2023. DOI: 10.1016/j.jbmt.2023.05.006.
24. Bartlett D and Birmingham T. Validity and Reliability of a Pediatric Reach Test. *Pediatric Physical Therapy* 2003; 15.
25. Rajendran V, Roy FG and Jeevanantham D. A preliminary randomized controlled study on the effectiveness of vestibular-specific neuromuscular training in children with hearing impairment. *Clin Rehabil* 2013; 27: 459–467.
26. Faigenbaum AD, Myer GD, Fernandez IP, et al. Feasibility and reliability of dynamic postural control measures in children in first through fifth grades. *Int J Sports Phys Ther* 2014; 9: 140–148.
27. Calatayud J, Borreani S, Colado JC, et al. Test-retest reliability of the Star Excursion Balance Test in primary school children. *Phys Sportsmed* 2014; 42: 120–124.
28. Franjoine MR, Gunther JS and Taylor MJ. Pediatric balance scale: a modified version of the berg balance scale for the school-age child with mild to moderate motor impairment. *Pediatr Phys Ther* 2003; 15: 114–128.
29. Melo R, Silva P, Tassitano R, et al. Balance and gait evaluation: Comparative study between deaf and hearing students. *Revista Paulista de Pediatria* 2012; 30: 385–391.
30. Anderson DK and Cech D. Utilization of the Pediatric Modified Dynamic Gait Index: Issues Related to Child Development. *Phys Occup Ther Pediatr* 2019; 39: 669–678.
31. Shumway-Cook A and Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction of balance. *Suggestion from the field. Phys Ther* 1986; 66: 1548–1550.
32. Dewar R, Claus AP, Tucker K, et al. Reproducibility of the Kids-BESTest and the Kids-Mini-BES-Test for Children With Cerebral Palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 2019; 100: 695–702.
33. Johnson C, Hallemans A, Meyns P, et al. A continuum of balance performance between children with developmental coordination disorder, spastic cerebral palsy, and typical development. *Eur J Phys Rehabil Med* 2024.
34. De Kegel A, Dhooge I, Peersman W, et al. Construct validity of the assessment of balance in children who are developing typically and in children with hearing impairments. *Phys Ther* 2010; 90: 1783–1794.
35. Eddy LH, Bingham DD, Crossley KL, et al. The validity and reliability of observational assessment tools available to measure fundamental movement skills in school-age children: A systematic review. *PLoS One* 2020; 15: e0237919.
36. Ni Scanail C, Garattini C, Greene BR, et al. Technology Innovation Enabling Falls Risk Assessment in a Community Setting. *Ageing Int* 2011; 36: 217–231.

37. Duarte M and Freitas S. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Revista Brasileira de Fisioterapia* 2010; 14: 183–192.
38. Casselbrant ML, Mandel EM, Sparto PJ, et al. Longitudinal posturography and rotational testing in children three to nine years of age: normative data. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2010; 142: 708–714.
39. Shams A, Vameghi R, Shamsipour Dehkordi P, et al. The development of postural control among children: Repeatability and normative data for computerized dynamic posturography system. *Gait Posture* 2020. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2020.03.002.
40. Barozzi S, Socci M, Soi D, et al. Reliability of postural control measures in children and young adolescents. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2014; 271: 2069–2077.
41. Micarelli A, Viziano A, Augimeri I, et al. Age-related Assessment of Postural Control Development: A Cross-sectional Study in Children and Adolescents. *J Mot Behav* 2020; 52: 418–426.
42. Bourelle S, Dey N, Sifaki-Pistolla D, et al. Computerized static posturography and laterality in children. Influence of age. *Acta Bioeng Biomech* 2017; 19: 129–139.
43. El-Shamy S and Abd El Kafy E. Effect of balance training on postural balance control and risk of fall in children with diplegic cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 2014; 36: 1176–1183.
44. Clark RA, Mentiplay BF, Pua Y, et al. Reliability and validity of the Wii Balance Board for assessment of standing balance: A systematic review. *Gait Posture* 2018. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2017.12.022.
45. Ferber-Viart C, Ionescu E, Morlet T, et al. Balance in healthy individuals assessed with Equitest: maturation and normative data for children and young adults. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2007; 71: 1041–1046.
46. Guzmán-Muñoz E, Mendez-Rebolledo G, Núñez-Espinosa C, et al. Anthropometric Profile and Physical Activity Level as Predictors of Postural Balance in Overweight and Obese Children. *Behavioral Sciences* 2023; 13.
47. Wondra VC, Pitetti KH and Beets MW. Gait Parameters in Children with Motor Disabilities Using an Electronic Walkway System: Assessment of Reliability. *Pediatric Physical Therapy* 2007; 19.
48. Gomez Bernal A, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R and Losa-Iglesias ME. Reliability of the OptoGait portable photoelectric cell system for the quantification of spatial-temporal parameters of gait in young adults. *Gait Posture* 2016; 50: 196–200.
49. Montes-Alguacil J, Paez-Moguer J, Jimenez Cebrian AM, et al. The influence of childhood obesity on spatio-temporal gait parameters. *Gait Posture* 2019; 71: 69–73.
50. Barela JA, Tesima N, Amaral VDS, et al. Visually guided eye movements reduce postural sway in dyslexic children. *Neurosci Lett* 2020; 725: 134890.
51. Malone A, Kiernan D, French H, et al. Do children with cerebral palsy change their gait when walking over uneven ground?. *Gait Posture* 2015; 41: 716–721.
52. Coda A, Carline T and Santos D. Repeatability and reproducibility of the Tekscan HR-Walkway system in healthy children. *Foot (Edinb)* 2014; 24: 49–55.
53. Price C, Parker D and Nester C. Validity and repeatability of three in-shoe pressure measurement systems. *Gait Posture* 2016. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2016.01.026.
54. Iosa M, Picerno P, Paolucci S, et al. Wearable inertial sensors for human movement analysis. *Expert Rev Med Devices* 2016; 13: 641–659.
55. López-Nava IH and Muñoz-Meléndez A. Wearable Inertial Sensors for Human Motion Analysis: A Review. *IEEE Sensors Journal* 2016; 16: 7821–7834.

56. Zampogna A, Mileti I, Palermo E, et al. Fifteen Years of Wireless Sensors for Balance Assessment in Neurological Disorders. *Sensors (Basel)* 2020; 20: 10.3390/s20113247.
57. Ekvall Hansson E and Tornberg A. Coherence and reliability of a wearable inertial measurement unit for measuring postural sway. *BMC Res Notes* 2019; 12: 201–8.
58. Pooranawatthanakul K and Siriphorn A. Comparisons of the validity and reliability of two smartphone placements for balance assessment using an accelerometer-based application 2020; 22: 236–242.
59. Moe-Nilssen R. A new method for evaluating motor control in gait under real-life environmental conditions. Part 2: Gait analysis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 1998; 13: 328–335.
60. Ghislieri M, Gastaldi L, Pastorelli S, et al. Wearable Inertial Sensors to Assess Standing Balance: A Systematic Review. *Sensors (Basel)* 2019; 19: 10.3390/s19194075.
61. Mancini M, Nutt JG and Horak FB. Chapter 1 - How is balance controlled by the nervous system?. In: Mancini M, Nutt JG and Horak FB (eds) *Balance Dysfunction in Parkinson's Disease*. Academic Press, 2020, p.1.
62. Junior P, Moura Rd, Oliveira CS, et al. Use of wearable inertial sensors for the assessment of spatiotemporal gait variables in children: A systematic review. *Motriz: Revista de Educação Física* 2020; 26.
63. Tramontano M, Morone G, Curcio A, et al. Maintaining gait stability during dual walking task: effects of age and neurological disorders. *Eur J Phys Rehabil Med* 2017; 53: 7–13.
64. Summa A, Vannozzi G, Bergamini E, et al. Multilevel Upper Body Movement Control during Gait in Children with Cerebral Palsy. *PLoS One* 2016; 11: e0151792.
65. Neville C, Ludlow C and Rieger B. Measuring postural stability with an inertial sensor: validity and sensitivity. *Medical devices (Auckland, N.Z.)* 2015; 8: 447–455.
66. O'Sullivan M, Blake C, Cunningham C, et al. Correlation of accelerometry with clinical balance tests in older fallers and non-fallers. *Age Ageing* 2009; 38: 308–313.
67. Kim DH, An DH and Yoo WG. Changes in trunk sway and impairment during sitting and standing in children with cerebral palsy. *Technol Health Care* 2018; 26: 761–768.
68. Fong SSM, Ng SSM, Guo X, et al. Deficits in Lower Limb Muscle Reflex Contraction Latency and Peak Force Are Associated With Impairments in Postural Control and Gross Motor Skills of Children With Developmental Coordination Disorder: A Cross-Sectional Study. *Medicine (Baltimore)* 2015; 94: e1785.
69. Saether R, Helbostad JL, Adde L, et al. The relationship between trunk control in sitting and during gait in children and adolescents with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2015; 57: 344–350.
70. Garcia-Lineira J, Leiros-Rodriguez R, Romo-Perez V, et al. Sex differences in postural control under unstable conditions in schoolchildren with accelerometric assessment. *Gait Posture* 2021; 87: 81–86.
71. Linder S, Ozinga S, Koop M, et al. Cleveland Clinic Postural Stability Index Norms for the Balance Error Scoring System. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2018; 50.
72. Brett BL, Zuckerman SL, Terry DP, et al. Normative Data for the Sway Balance System. *Clin J Sport Med* 2020; 30: 458–464.

Capítulo 03

Estratexias de desenvolvemento do equilibrio e do control postural na infancia

45

3.1 O desenvolvemento do equilibrio e do control postural nunha infancia activa

Durante a infancia prodúcese de xeito natural unha maduración xeral dos sistemas corporais que teñen unha influencia directa sobre o control postural, e esta evolución continúa ata entrada a adolescencia, completándose segundo numerosos estudos entre os 12-15 anos de idade^{1,2}. É por iso, que no citado proceso de evolución existen idades cruciais e sensibles para o desenvolvemento desta capacidade, como é a etapa entre os seis e os doce anos. Idades nas que os cambios fisiolóxicos que se producen no neurodesenvolvemento e nos sistemas músculo esqueléticos permitirán posuír as respostas necesarias para manter estable o corpo no espazo e lograr unha estabilidade necesaria e requirida para a tarefa motriz levada a cabo.

O control postural é necesario para efectuar axeitadamente a maioría das accións motrices diarias básicas, tales coma manterse de pé, camiñar, alcanzar un obxecto, ou sentarse e levantarse. Por iso na etapa de maduración, deben poñerse en práctica as accións necesarias e de estimulación que permitan o seu correcto desenvolvemento, permitindo que os nenos e nenas alcancen a etapa adulta sen déficits ou cun pobre control postural. Isto ademais, tamén permitirá o óptimo funcionamento cognitivo e psico-social e a consecución dunha maior cantidade de habilidades motrices e de maior complexidade^{3,4}.

Os nenos e nenas posúen de xeito innato a necesidade de estar activos e en movemento, cunha alta curiosidade por coñecer as posibilidades que lle brinda o seu propio corpo e por descubrir novas actividades motrices e lúdicas que provoquen a súa satisfacción e mellora na realización das mesmas. Isto tamén implica un alto grao de precaución, xa que segundo a OMS é un colectivo de risco ante as caídas⁵. A maioría das veces, a curiosidade en facer accións de equilibrio pode levar a prácticas de alto risco, coma andar por superficies esvaradías, a diferentes alturas ou en superficies estreitas, coma muros, peitorís, varandas ou troncos.

Sen embargo, a curiosidade innata na poboación infantil non ten porqué ser algo negativo, xa que a través da experiencia motriz, perfecciónanse e incorpóranse diferentes estratexias biomecánicas⁶⁻⁸. Aquí debe de terse en conta, que entre os seis e os doce anos de idade, o control postural sofre grandes reorganizacións e estas ocorren de xeito permanente⁹. Polo que a aprendizaxe motora está en constante adaptación ante os cambios que sofre o corpo humano nestas idades, obrigando a moitos patróns motores a volver a conseguir a coordinación axeitada¹⁰.

Outro aspecto que preocupa en gran medida a gobernos e organizacións en todo o mundo, como a OMS, é o sedentarismo e os altos índices de obesidade nas etapas infantís e xuvenís^{11, 12}. Os baixos niveis de actividade física están asociados a unha pobre adquisición de habilidades motrices básicas e a un pobre desenvolvemento das capacidades físicas, entre as que se inclúe o control postural¹³. Ademais os biotipos corporais, aspecto amplamente relacionado cunha peor estabilidade deben de terse en conta coma predictor dun peor equilibrio e maior risco de caídas¹⁴⁻¹⁸.

A actividade física implica reaccións fisiolóxicas relevantes na secreción de neurotransmisores e hormonas que teñen efectos beneficiosos no desenvolvemento cognitivo, xa que melloran a xeración de novas neuronas e multiplican e fortalecen as conexións neuronais nas áreas do córtex encargadas da aprendizaxe e da memoria^{19, 20}. Na infancia estes mecanismos son cruciais, xa que isto permite mellorar a adaptación a diferentes tarefas, contornas ou ambientes, o que é necesario para un óptimo desenvolvemento físico e psicolóxico^{21, 22}.

Previamente neste manual, abordouse a necesidade dunha correcta valoración desta capacidade. Isto permite en primeiro lugar, coñecer o estado de evolución de cada individuo, observando posibles déficits, trastornos e anomalías nun desenvolvemento típico do equilibrio na idade que se está a avaliar. En segundo lugar, permite valorar se hai un efecto positivo sobre esta capacidade ao levar a cabo accións de mellora ou actividades físicas lúdicas e deportivas en ámbitos coma a educación física ou as actividades deportivas de base. Ambos aspectos permitirán aos profesionais da saúde abranguer o controlar e mellorar o control postural. Así nos seguintes apartados, abordaranse as estratexias de mellora desta capacidade coa posibilidade de implementalas nos ámbitos escolares e educativos, deportivos, terapéuticos, clínicos ou do ocio e do tempo libre. Buscando en todos os casos unha etapa infantil e xuvenil cunha vida activa, o que permitirá lograr un mellor desenvolvemento das capacidades físicas entre as que se inclúe o control postural.

3.2 A conciencia corporal como base para un axeitado desenvolvemento do equilibrio

A catalogación do control postural coma capacidade física perceptiva motriz, debido á influencia que teñen na mesma a integración da información sensorial que percibe

o corpo humano a través dos sistemas corporais visual, vestibular/auditivo e somatosensorial, outorga unha importancia maior no seu desenvolvemento á integración que fai o sistema nervioso central desta información, aos axustes motores realizados e a percepción corporal segmentaria e global do propio corpo²³⁻²⁵.

É por iso que a propia conciencia corporal permitirá alcanzar os obxectivos básicos do equilibrio e do control postural. En primeiro lugar, realizar os axustes corporais axeitados a cada situación motriz, sendo estes necesarios para manter a estabilidade; e en segundo lugar, tomar conciencia da posición do propio corpo no espazo, que permitirá conseguir a orientación corporal desexada. Ambos son necesarios para asentar as habilidades motrices básicas e alcanzar outras de maior especificade e complexidade.

Na infancia é necesario desenvolver correctamente o esquema corporal, xa que isto permitirá construír habilidades motrices eficientes, o que axudará a efectuar os axustes posturais requiridos para manter o equilibrio²⁶. Percibir o propio corpo axeitadamente permite ter unha boa organización espazo-temporal e interiorización das relacións necesarias a efectuar entre os distintos segmentos corporais na resposta motora. Por iso, un bo esquema corporal, conduce á interiorización das posibilidades de movemento corporais e as propias limitacións, o que pode repercutir positivamente nun bo autoconceito e autoestima persoal²⁷.

Para este desenvolvemento perceptivo, son necesarias accións orientadas cara a evolución dos tres sistemas sensoriais que participan no mantemento da postura, os cales están intrinsecamente relacionados e as estratexias a levar a cabo influirán en todos.

En primeiro termo, os nenos e nenas adáptanse aos cambios nos estímulos visuais, pero teñen dificultade nos cambios abruptos nas sinais visuais que poden comprometer a estabilidade en maior grao^{1, 28, 29}. Polo que a privación sensorial visual en actividades lúdicas ou xogos que impliquen o mantemento da postura estática ou dinámica pode servir como xeito idóneo para desenvolver o esquema corporal ao non posuír información visual e optar pola utilización dos outros sistemas sensoriais para resolver o problema de manter a postura estable, en posición de pé, ou camiñando. As técnicas relacionadas cos feedbacks visual e auditivo relacionado con técnicas de mellora motriz son eficaces para desenvolver o equilibrio. Non obstante non son eficientes no mesmo nivel, xa que hai estudos que parecen indicar que os biofeedbacks visuais teñen unha maior eficacia no adestramento do equilibrio²⁹.

En segundo lugar, o sistema vestibular e auditivo permite coñecer a orientación e posición corporal en todo momento, así coma detectar os cambios de aceleración que se producen corporalmente. Ao igual que a información visual, a integración completa e axeitada non se alcanza ata a adolescencia e polo tanto o seu desenvolvemento inadecuado está relacionado con un pobre control postural³⁰. As accións e os

programas de recuperación e rehabilitación vestibular, permiten mellorar o equilibrio estático e dinámico (parámetros da marcha) na infancia e adolescencia con deficiencias auditivas³¹⁻³³. Algunhas estratexias a ter en conta son a realización de accións motrices que impliquen a desorientación corporal e da cabeza, coma son os xiros nos diferentes planos, eixos ou as desestabilizacións corporais que tamén impliquen a necesidade de axustar de maneira rápida o corpo. Tamén os desprazamentos con distintos apoios, posicións e direccións (cara atrás, sobre liñas ou barras, en saltos, a catro patas, a gatas, en crequenhas e nos deslizamentos sobre diferentes superficies).

En terceiro lugar, a propiocepción do propio corpo, integrando a información somatosensorial recibida polos mecanorreceptores. As estratexias a utilizar para mellorar a propiocepción terán tamén un efecto directo nos outros sistemas (vestibular e no visual), xa que integran a información que provén das articulacións ou do ton muscular e aportan un feedback constante da posición corporal. As accións que permiten mellorar este sistema sensorial baséanse principalmente na modificación sobre a base de sustentación ou no adestramento neuromuscular, utilizando bases inestables, superficies brandas, barras a diferentes alturas e de diferentes grosos ou camiñar sobre diferentes superficies e sen calzado^{34, 35}.

En cuarto lugar os programas de adestramento multitarefa, que teñen o obxectivo de realizar varias tarefas ao mesmo tempo de características diferentes. Estas poden ser tarefas que se desempeñan diariamente, coma por exemplo camiñar e transportar un obxecto nalgunha das mans. Nas idades sensibles ás caídas, incluíndo á infancia, a multitarefa pode causar un risco engadido xa que son actividades que poden ter unha interferencia entre a información sensorial e a motórica, xa que se realizan simultaneamente³⁶. Nos nenos e nenas, este tipo de programas axudan a mellorar a integración sensorial e a execución motora e poden ter grandes beneficios, xa que se comprobou que melloran o equilibrio nos suxeitos con déficit de equilibrio que se someten a esta rehabilitación e reducindo polo tanto o risco de caídas^{37, 38}. Na infancia, poden propoñerse actividades e xogos de equilibrio estático e dinámico combinadas co transporte de obxectos (pelotas, material de educación física específico, etc.) Ou a recepción de obxectos sobre superficies estables/inestables e a diferentes alturas.

Finalmente a integración multisistema para o desenvolvemento integral. Por iso tendo en conta as etapas ás que nos diriximos, o xogo é unha interesante ferramenta para o desenvolvemento do equilibrio e que correctamente utilizado pode integrar o traballo e perseguir obxectivos que anteriormente se citaron neste apartado. Por iso son moitas as accións lúdicas que se poden empregar en programas específicos de mellora do equilibrio. Os xogos con balóns, os xogos populares, xogos de imitación, xogos de equilibrio, actividades lúdicas de iniciación deportiva poden formar parte dunha actividade física personalizada e o uso de actividades rítmicas ou con música³⁹⁻⁴².

3.3 Desenvolvemento e mellora muscular e neuromuscular

O reto de manter a postura ao realizar actividades motrices require tamén da acción motora levada a cabo polos sistemas músculo esqueléticos. A postura desexada susténtase na capacidade condicional da forza muscular, a que aumenta coa maduración corporal ao longo da infancia^{43, 44}. 49

Esta capacidade, tamén se pode mellorar a través de programas específicos de adestramento musculares e neuromusculares, onde son numerosos os estudos que analizaron a mellora da postura grazas á aplicación deste tipo de programas tanto en nenos con desenvolvemento típico^{9, 45-47}, como en poboacións infantís que presentan déficits na produción de forza e coordinación muscular, coma a síndrome de Down, a parálise cerebral ou nos trastornos do desenvolvemento da coordinación entre outros⁴⁸⁻⁵².

Grazas aos estudos con electromiografía en poboación infantil, sabemos que existe unha activación muscular principalmente nos músculos das pernas (tibial anterior, gastrocnemios e sóleos), dos coxas (cuadríceps e isquiosurais), do tronco (músculos extensores das costas e abdominais) e do pescozo e cabeza (esternocleidomastoideo) ao levar a cabo actividades de equilibrio con diferentes estímulos coma unha dobre tarefa, perturbacións, plataformas vibratorias, agarres, etc^{53, 54}.

Neste sentido non debemos de obviar o desenvolvemento dos músculos de abdomen e forza do CORE. A estabilidade no tronco tamén é fundamental para manter o equilibrio estático e dinámico ao camiñar⁵⁵. A forza muscular permitirá controlar o balanceo do centro de gravidade na perda de equilibrio ou compensacións que se realizan para ter estabilidade⁵⁶.

Deste xeito os programas de forza planificados deben ter en conta a mellora dos grupos musculares citados, con actividades que impliquen sobre todo aos músculos das pernas.

3.4 A mellora do equilibrio na infancia a través de actividades físicas, os xogos e actividades deportivas de base

Como se abordou anteriormente, existe unha necesidade imperante de que a poboación infantil teña unha vida activa e saudable. As experiencias motrices, xa sexan de carácter escolar, dentro da área da educación física, ou de carácter extraescolar, como as actividades deportivas de base e de ocio e tempo libre, son necesarias para logralo e así conseguir un adecuado desenvolvemento corporal e de adquisición das habilidades motrices que perdurarán ao longo da vida.

Aínda que esta capacidade puidese estar asociada tradicionalmente de xeito único a habilidades expresivas, non é así, xa que manter o control postural é necesario en

habilidades tan básicas como manterse estático en pé ou á pata coxa, camiñar ou correr, saltar e aterrar sen caerse ou realizar habilidades con móbiles coma lanzar e recepcionar durante os xogos ou actividades deportivas.

- 50 Son moitas as actividades motrices con evidencias na literatura científica relacionadas con unha mellora do control postural tras a súa aplicación ou en comparación con suxeitos que son sedentarios^{13, 41}. Por eso unha infancia activa presuponse fundamental para alcanzar un óptimo desenvolvemento desta capacidade.

Por outra banda presentanse a continuación diferentes estratexias de intervención motoras que son altamente recomendables para o desenvolvemento do equilibrio e que foron probadas dentro da literatura científica:

- Habilidades expresivas, ximnásticas e rítmico musicais
 - As habilidades expresivas e ximnásticas coma danza, ballet, break dance, ximnasia artística, acrosport. Que levan a cabo posicións estáticas isométricas, que requiren do mantemento da postura ou levar a cabo habilidades de xiros, ritmos e acrobacias nas que o control postural é necesario^{35, 57-62}.
 - O uso de ritmos e a música como elemento de estimulación vestibular e auditiva e a súa relación coa actividade realizada. As sinais auditivas facilitan a precisión temporoespacial dos movementos secuencias e melloran as estratexias para manter o equilibrio. Algúns exemplos son o aerobio, as danzas tradicionais^{41, 63, 64}.
 - O parkour ou o slackline e levadas a cabo como actividades alternativas ou dentro dos currículos educativos^{65, 66}.
- Habilidades de deslizamento
 - As habilidades de deslizamento, implican un control exhaustivo do centro de gravidade e dos axustes posturais para manter o equilibrio e posturas axeitadas. Algunhas das actividades que poden levarse a cabo son a patinaxe, andar en monopatín, patinete, bicicleta, o surfing, o esquí ou o snowboard⁶⁷⁻⁷⁰.
- Artes marciais e actividades físicas de loita
 - As actividades deportivas que permiten mellorar a forza do tren inferior e que impliquen a perturbación externa no control corporal, como as habilidades de loita, tales como o taekwondo⁷¹.
 - As actividades deportivas ou artes marciais que están relacionadas co mantemento da postura, o traballo de posicións nas que o traballo isométrico ten un gran importancia coma o Tai Chi Quang ou Karate⁵⁶.

- Actividades físicas relacionadas coa postura e ximnasiaas blandas
 - O ioga ou o pilates, onde os exercicios melloran a postura, o esquema corporal, os niveis de flexibilidade e forza en músculos tónico posturais⁷²⁻⁷⁶.
 - Programas de mellora da flexibilidade coa técnica da facilitación neuromuscular progresiva (PNF) e asociados a outras intervencións coma o método Schroth⁷⁷. Destacar que os métodos de stretching teñen controversia e o seu uso ten que estar moi controlado, xa que a laxitud ou exceso de flexibilidade en exceso pode causar inestabilidade postural.
- Actividades físico deportivas
 - Actividades acuáticas e de natación, nas que se mellora a percepción sensorial, a concentración e a integración somatosensorial. Ademais de favorecer o desenvolvemento muscular^{52, 78}
 - A hipoterapia está amplamente descrita como unha actividade que ten uns beneficios no control postural e mellora do equilibrio ao ser practcada. Algunhas das razóns, son a necesaria coordinación muscular que se debe de efectuar ao cabalgar a postura e a mellora da forza nos músculos que están relacionados co equilibrio.⁷⁹
- Estratexias de intervención motora e programas de adestramento específicos
 - As estratexias poden estar intrínsecamente relacionadas coa práctica deportiva que se executa. Neste caso debemos de referirnos a movementos ou accións que son propias do deporte e que despois de intervencións estruturadas demostraron ser axeitadas para mellorar aspectos relacionados co control postural.
 - Prevención de lesións co programa *Fifa-11* e *Fifa-11* para nenos, dentro do marco do adestramento en fútbol. Intervención que inclúe exercicios de estabilidade e persegue a prevención de lesións neste deporte. Os resultados avaliados sobre as probas de equilibrio, en diferentes mostras, parecen indicar que é un programa efectivo se se aplica entre 6-10 semanas^{80, 81}.
 - Intervención de mellora do equilibrio no marco do baloncesto, con exercicios relacionados coa disciplina, onde o programa inclúe as habilidades técnicas en estático e en movemento. Exercicios con balón, de pase, recepción e tiro con entrada a canastra. Movementos específicos da disciplina con pasos, xiros e cambios de dirección. Programa específico que segue a liña do descrito anteriormente noutros apartados, xa

que a integración sensorial ao incluír un móvil ten maior dificultade, incluíndo en moitos exercicios a dobre tarefa⁸².

52

- Actividades lúdicas, xogos tradicionais e populares
 - Os xogos e xogos populares/tradicionais relacionados con posturas de mantemento do equilibrio estático e dinámico. Algúns como o “Peletre”, “Simón di”, o “zapatiño inglés”, “Pés quedos”, “Pita en altura”, os “zancos”, os “cazos” ou “alzas”, xogos á pata coxa, xogos de saltos, de desprazamentos, xogos de trepas, ou de desequilibrios sobre plataformas entre outros^{83, 84}. Xogos habituais que se levan a cabo durante as sesións da educación física escolar. Incluír tamén, os circuitos psicomotores, que combinan, desprazamentos (de puntillas, ollos cerrados, cara atrás, lateral), saltos, trepas, reptas, obstáculos, xiros, etc. Incluíndo neste tipo de intervencións camiños de equilibrio sobre o firme ou a diferentes alturas⁸⁴.
 - Intervencións baseadas en situación lúdicas coma o circo, con traballo de categorías de saltos, equilibrios sentados en diferentes xogos (estables e inestables), desprazamentos variados, actividades propias do circo coma malabares ou acrobacias⁴⁰.
- Novas tecnoloxías e realidade virtual
 - O progreso e mellora na evolución das novas tecnoloxías e realidades virtuais abre a posibilidade de xerar situacións ou entornos que teñen a posibilidade de favorecer a integración sensorial e a mellora dos procesos cognitivos que están relacionados co equilibrio. Obsérvase unha crecente produción de situacións que avaliaron o potencial da realidade virtual determinando o gran potencial que esta ten para mellorar o equilibrio en diferentes poboacións infantís^{85, 86}.
 - As diferentes aplicacións ou xogos utilizados de xeito habitual segundo as revisións da literatura efectuadas por diferentes autores, determinan que é habitual o uso de aplicación coma o SoccerHeading, Tabletilt, TighRope Walk, Yoga, Bubble balance, Ski Slalom, Lotus Focus, Penguin Slide, Ski Jump, ou Snowboard entre outros⁸⁵⁻⁸⁷.
 - É habitual a utilización de instrumentación ou novas tecnoloxías, tales como a realidade virtual, os exergames, plataformas de baile, xoguets relacionados co equilibrio como o hoverboard ou o adestramento en plataformas de forza, bicis estáticas e cintas de camiñar/correr. O uso de diferentes sistemas rexistrados debido a súa versatilidade, coma a Nintendo Wii®, a Xbox Kinect® son amplamente usados pola súa comodi-

dade e aplicación para a mellora do equilibrio. Ademais en moitos casos teñen ou son marcas que están comercialmente moi extendidas⁸⁷⁻⁹³.

3.5 Recomendacións xerais

O equilibrio, como xa se dixo neste manual é unha capacidade física que depende de moitos factores, os sensoriais e os biomecánicos, polo que pode definirse como multifactorial. Deste xeito, ao elaborar propostas de traballo do equilibrio en nenos e nenas deben terse en conta que as actividades motrices teñan en conta as influencias destes factores. As propostas poden variar de xeito que se modifiquen os estímulos sensoriais, modificando aspectos visuais, vestibulares ou de estabilidade. Poden facerse con ou sen material, modificarse os espazos e as perturbacións exteriores ás que se somete o suxeito que mantén a postura. Estas poden incluír varios obxectivos ou dobre tarefa ao mesmo tempo, o que fará que esta gañe en complicación. Tamén poden realizarse tarefas a diferentes velocidades ou con esixencias na velocidade de execución (Figura 3.)



Figura 3 Aspectos a ter en conta na creación de tarefas de Equilibrio na infancia. Fonte: Elaboración propia.

As actividades relacionadas co equilibrio poden causar inestabilidade ou descontrol corporal, polo que se debe de ter en conta evitar que estas xeren medo ou o rexeitamento na poboación infantil. Deben de ser motivadoras e novidasas e existir unha

progresión na dificultade das propostas. Estes aspectos xerarán confianza no propio desempeño, logrando superar niveis de consecución, o que suporá un reto engadido. Sen material poden levarse a cabo infinidade de propostas para o desenvolvemento do equilibrio, non obstante, na poboación infantil existe material que axudará a motivar e a propoñer actividades atractivas e novidosas coma circuitos, corredores de equilibrio, barras, superficies inestables, etc.

As tarefas individuais son necesarias e atractivas, pero deben tamén propoñerse actividades colectivas, cooperativas ou en grupos. As primeiras teñen a vantaxe de perseguir o esforzo persoal, mentres que as segundas permitirán lograr éxitos en común. Ademais, de permitir as axudas entre iguais para manter a estabilidade. Finalmente, todas as propostas deben seguir o principio de individualización, adaptando as actividades ao nivel de partida de cada individuo e tendo en conta as necesidades especiais.

3.6 As estratexias de intervención motora

A implementación de estratexias de intervención motora para a mellora do equilibrio na infancia require a consideración de varios aspectos clave. Terase en conta os tempos de duración do programa, os tipos de actividades a realizar, as progresións das mesmas e a adaptación ás necesidades individuais dos participantes. Segundo a literatura existente, a duración ideal dos programas para obter efectos significativos sitúase entre as 8 e as 12 semanas, cunha frecuencia de realización de entre 2 e 3 sesións semanais de entre 15 e 70 minutos. Terase en conta que as intervencións de máis duración provocaron efectos maiores pero sesións de moita duración poden causar distraccións e perda de concentración⁵². Por iso recoméndase que non duren máis de 60 minutos.

Os programas deben incluír unha variedade de actividades orientadas a desenvolver distintos aspectos do control postural. Entre estas destacan segundo xa se aplicaron na literatura^{40, 52, 94, 95}:

- **Exercicios de mellora da forza muscular:** As actividades de saltos, tanto horizontais como verticais, son especialmente efectivas para fortalecer os grupos musculares implicados na estabilización e no equilibrio, como os das pernas e o tronco.
- **Prácticas en posicións variadas:** Realizar exercicios mantendo a postura en posicións como o tándem (un pé diante do outro) ou apoiado sobre unha soa perna, mellora a percepción corporal e o control motor. Estas actividades poden combinarse co uso de variacións sensoriais, como manter os ollos abertos ou pechados, para potenciar a integración vestibular e somatosensorial.

- **Desprazamentos sobre superficies específicas:** Camiñar sobre líneas, barras de equilibrio ou plataformas inestables permite desafiar o sistema sensorial e motor, promovendo axustes posturais constantes e a coordinación intersegmentaria.
- **Actividades rítmicas e deportivas:** A integración de actividades rítmicas como a danza ou outros exercicios relacionados con música pode favorecer a mellora do equilibrio grazas á sincronización motora e o estímulo vestibular. Ademais, as actividades deportivas adaptadas, como os xogos populares ou prácticas específicas de iniciación deportiva, fomentan o desenvolvemento muscular e a coordinación motriz.
- **Exercicios en condicións variadas:** Incorporar actividades con distintas bases de sustentación, como traballar descalzos, sobre superficies brandas ou inclinadas, incrementa o nivel de dificultade e promove unha mellor integración multisensorial.

As estratexias deben estruturarse cunha progresión adecuada para evitar a frustración ou o medo ao descontrol, sendo esencial adaptar a dificultade á idade e capacidade inicial de cada neno ou nena. Ademais, recoméndase empregar materiais motivadores e atractivos, como barras de equilibrio, pelotas ou superficies inestables, que axuden a manter o interese e a participación activa durante todo o programa. Finalmente, a combinación de actividades individuais e cooperativas pode favorecer tanto o esforzo persoal como o traballo en equipo, reforzando o autoconceito e a confianza dos participantes.

Progresión de actividades do programa de mellora do equilibrio

O ideal é presentar unha progresión de actividades estruturada ao longo das 8-12 semanas recomendadas. A progresión buscará que o nivel de dificultade sexa progresivo en función dos logros realizados polos participantes:

Nivel de logro 1: Introducción

Obxectivos:

Familiarizar aos participantes coas actividades

Desenvolver a estabilidade básica.

1) Actividades de equilibrio estático:

Manter posición tándem durante 10-15 segundos.

Apoiarse sobre unha perna con ollos abertos e, progresivamente, pechados.

2) Fortalecemento muscular inicial:

Saltos no lugar, tanto a dúas pernas como alternando pernas.

3) Desprazamentos simples:

Camiñar sobre liñas rectas marcadas no chan.

Realizar pasos curtos sobre superficies lixeiramente brandas.

Xogos de desprazamentos sinxelos e variados.

4) Introducción de ritmo:

Movemento libre ao son dunha música de diferentes velocidades para mellorar a coordinación.

Nivel de logro 2: Desenvolvemento**Obxectivo:**

Incrementar a dificultade e mellorar o control postural dinámico.

1) Actividades de equilibrio dinámico:

Camiñar sobre barras de equilibrio con variacións no ritmo e na velocidade.

Realizar cambios de posición sobre plataformas inestables.

2) Fortalecemento muscular:

Saltos horizontais e verticais con maior amplitude.

Incorporar pequenos obstáculos.

3) Exercicios combinados:

Secuencias de posturas como tándem a apoio sobre unha perna.

4) Actividades rítmicas:

Aprendizaxe de secuencias curtas de danza ou exercicios rítmicos simples.

5) Actividades lúdicas

Actividades lúdicas que xeren incertidumbre nas habilidades motrices que se levan a cabo. Que permitan tomar decisións e observar éxito nas mesmas. Por exemplo xogos con corda ou saltos á comba.

Nivel de logro 3: Consolidación**Obxectivo:**

Consolidar os logros e mellorar a transferencia ás actividades cotiás.

1) Equilibrio avanzado:

Camiñar sobre superficies máis desafiante, como barras estreitas ou inclinadas.

Mantemento de posturas en condicións sensoriais desafiante (ollos pechados, superficies brandas).

2) Fortalecemento funcional:

Realización de circuitos con saltos, agachamentos e desprazamentos combinados.

3) Actividades deportivas e lúdicas:

Xogos en equipo que impliquen cambios rápidos de dirección e control corporal.

4) Actividades rítmicas avanzadas:

Coreografías de danza adaptadas con maior complexidade.

Os tres niveis que se ofrecen permiten adaptar o programa segundo o tempo do que se dispoña para implementalo e o número de sesións nas que se van a poñer en práctica. Todos os subepígrafes de cada un dos niveis deben de ter adaptación de logro, o que permitirá que o neno o nena observe mellora no exercicio realizado. Este logro pode ser tempo de estancia nunha postura, erros que comete, distancias alcanzadas, etc.

3.7 Referencias

1. Garcia-Lineira J, Leiros-Rodriguez R, Chinchilla-Minguet JL, et al. Influence of Visual Information and Sex on Postural Control in Children Aged 6-12 Years Assessed with Accelerometric Technology. *Diagnostics (Basel)* 2021; 11: 10.3390/diagnostics11040637.
2. Verbecque E, Vereck L and Halleman A. Postural sway in children: A literature review. *Gait Posture* 2016; 49: 402–410.

3. Tanaka C, Hikiyara Y, Ohkawara K, et al. Locomotive and non-locomotive activity as determined by triaxial accelerometry and physical fitness in Japanese preschool children. *Pediatr Exerc Sci* 2012; 24: 420–434.
4. Penenory VM, Manresa-Yee C, Riquelme I, et al. Scoping Review of Systems to Train Psychomotor Skills in Hearing Impaired Children. *Sensors (Basel)* 2018; 18: 10.3390/s18082546.
5. Sleet DA. The Global Challenge of Child Injury Prevention. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2018; 15.
6. Ledebt A, Bril B and Breniere Y. The build-up of anticipatory behaviour. An analysis of the development of gait initiation in children. *Exp Brain Res* 1998; 120: 9–17.
7. Malouin F and Richards CL. Preparatory adjustments during gait initiation in 4-6-year-old children. *Gait Posture* 2000; 11: 239–253.
8. Schmitz C, Martin N and Assaïante C. Building anticipatory postural adjustment during childhood: a kinematic and electromyographic analysis of unloading in children from 4 to 8 years of age. *Exp Brain Res* 2002; 142: 354–364.
9. Walchli M, Ruffieux J, Mouthon A, et al. Is Young Age a Limiting Factor When Training Balance? Effects of Child-Oriented Balance Training in Children and Adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 2018; 30: 176–184.
10. Bisi MC and Stagni R. Development of gait motor control: what happens after a sudden increase in height during adolescence?. *Biomed Eng Online* 2016; 15: 47–0.
11. Organización Mundial de la Salud. Plan de acción mundial sobre actividad física 2018-2030: personas más activas para un mundo más sano.
12. Guthold R, Stevens GA, Riley LM, et al. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1.6 million participants. *Lancet Child Adolesc Health* 2020; 4: 23–35.
13. Garcia-Soidan JL, Garcia-Lineira J, Leiros-Rodriguez R, et al. Physical Activity Practice and Optimal Development of Postural Control in School Children: Are They Related?. *J Clin Med* 2020; 9: 10.3390/jcm9092919.
14. Montes-Alguacil J, Paez-Moguer J, Jimenez Cebrian AM, et al. The influence of childhood obesity on spatio-temporal gait parameters. *Gait Posture* 2019; 71: 69–73.
15. Villarrasa-Sapina I, Garcia-Masso X, Serra-Ano P, et al. Differences in intermittent postural control between normal-weight and obese children. *Gait Posture* 2016; 49: 1–6.
16. Villarrasa-Sapina I, Alvarez-Pitti J, Cabeza-Ruiz R, et al. Relationship between body composition and postural control in prepubertal overweight/obese children: A cross-sectional study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2018; 52: 1–6.
17. Guzmán-Muñoz E, Mendez-Rebolledo G, Núñez-Espinosa C, et al. Anthropometric Profile and Physical Activity Level as Predictors of Postural Balance in Overweight and Obese Children. *Behavioral Sciences* 2023; 13.
18. Cheung TCK and Schmuckler MA. Multisensory and biomechanical influences on postural control in children. *Journal of Experimental Child Psychology* 2023. DOI: 10.1016/j.jecp.2023.105796.
19. Erickson KI, Voss MW, Prakash RS, et al. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2011; 108: 3017–3022.
20. Gearin BM and Fien H. Translating the neuroscience of physical activity to education. *Trends in Neuroscience and Education* 2016. DOI: 10.1016/j.tine.2016.02.001.

21. Gomez-Pinilla F and Hillman C. The influence of exercise on cognitive abilities. *Compr Physiol* 2013; 3: 403–428.
22. Hillman CH, Pontifex MB, Castelli DM, et al. Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. *Pediatrics* 2014; 134: 1063.
23. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age Ageing* 2006; 35 Suppl 2: ii7–ii11.
24. Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, et al. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Dev Med Child Neurol* 2006; 48: 477–482.
25. Assaiante C, Mallau S, Viel S, et al. Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural Plast* 2005; 12: 109–72.
26. Patriau A, Cojan J, Gauduel T, et al. Improving Body Representation and Motor Skills with a Preschool Education Program: A Preliminary Study. *Children* 2022; 9.
27. Medina Alva MD, Kahn IC, Munoz Huerta P, et al. Child neurodevelopment: normal characteristics and warning signs in children under five years. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 2015; 32: 565–573.
28. Sá C, Boffino CC, Ramos RT, et al. Development of postural control and maturation of sensory systems in children of different ages a cross-sectional study. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 2018. DOI: 10.1016/j.bjpt.2017.10.006.
29. Alhashimi GFL, Shadmehr A, Fereyounnia S, et al. Comparison of Single Session Auditory Versus Visual Feedback on Performance and Postural Balance in Hemiplegic Children With Cerebral Palsy. *Cureus* 2024. DOI: 10.7759/cureus.64003.
30. Melo RS, Marinho SEDS, Freire MEA, et al. Static and dynamic balance of children and adolescents with sensorineural hearing loss. *Einstein (Sao Paulo)* 2017; 15: 262–268.
31. Melo RS, Lemos A, Paiva GS, et al. Vestibular rehabilitation exercises programs to improve the postural control, balance and gait of children with sensorineural hearing loss: A systematic review. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2019; 127: 109650.
32. Rajendran V, Roy FG and Jeevanantham D. A preliminary randomized controlled study on the effectiveness of vestibular-specific neuromuscular training in children with hearing impairment. *Clin Rehabil* 2013; 27: 459–467.
33. Rajendran V and Roy FG. An overview of motor skill performance and balance in hearing impaired children. *Ital J Pediatr* 2011; 37: 33–33.
34. Prieto Mondragón L, Giraldo AF and Salas MF. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO PROPIOCEPTIVO Y SU IMPORTANCIA EN LAS CAPACIDADES COORDINATIVAS EN FÚTBOL FEMENINO. *Revista Digital Actividad Física y Deporte* 2019; 5: 120–141.
35. Guimaraes-Ribeiro D, Hernandez-Suarez M, Rodriguez-Ruiz D, et al. Efecto del entrenamiento sistemático de gimnasia rítmica sobre el control postural de niñas adolescentes. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte* 2015; 8: 54–60.
36. Plummer-D'Amato P, Altmann L, Saracino D, et al. Interactions between cognitive tasks and gait after stroke: a dual task study. *Gait Posture* 2008; 27: 683–688.
37. Lee N, Lee E and Kwon H. The effects of dual-task training on balance and gross motor function in children with spastic diplegia. *Journal of exercise rehabilitation* 2021; 17: 21–27.
38. Horvat M, Croce R, Tomporowski P, et al. The influence of dual-task conditions on movement in young adults with and without Down syndrome. *Res Dev Disabil* 2013. DOI: 10.1016/j.ridd.2013.06.038.

39. González León N and González-Olguín A. Estrategias de intervención motora sobre el control postural en niños y jóvenes con trastorno del espectro autista: una revisión sistemática. *Rehabilitación* 2024. DOI: 10.1016/j.rh.2023.100820.
40. Velghe S, Rameckers E, Meyns P, et al. Effects of a highly intensive balance therapy camp in children with developmental coordination disorder – An intervention protocol. *Research in Developmental Disabilities* 2024. DOI: 10.1016/j.ridd.2024.104694.
41. Jouira G, Alexe CI, Zinelabidine K, et al. The Impact of Aerobic Dance Intervention on Postural Balance in Children: A Randomized Controlled Trial. *Children* 2024. DOI: 10.3390/children11050573.
42. Gámez-Calvo L, Hernández-Beltrán V, Bautista-Peraza E, et al. Análisis de la danza como herramienta educativa para el alumnado con Síndrome de Down: revisión narrativa. *PensarMov* 2023. DOI: 10.15517/pensarmov.v21i2.55048.
43. Shumway-Cook, Anne,, Woollacott,Marjorie H.,,. *Motor control : theory and practical applications*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995, p.323.
44. Granacher U, Muehlbauer T, Gollhofer A, et al. An intergenerational approach in the promotion of balance and strength for fall prevention - a mini-review. *Gerontology* 2011; 57: 304–315.
45. Paillard T. Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience. *Neurosci Biobehav Rev* 2017; 72: 129–152.
46. Behm DG, Muehlbauer T, Kibele A, et al. Effects of Strength Training Using Unstable Surfaces on Strength, Power and Balance Performance Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med* 2015; 45: 1645–1669.
47. Ludwig O, Kelm J, Hammes A, et al. Neuromuscular performance of balance and posture control in childhood and adolescence. *Heliyon* 2020. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04541.
48. Gupta S, Rao BK and S DK. Effect of strength and balance training in children with Down's syndrome: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* 2011; 25: 425–432.
49. Eid MA, Aly SM, Huneif MA, et al. Effect of isokinetic training on muscle strength and postural balance in children with Down's syndrome. *Int J Rehabil Res* 2017; 40: 127–133.
50. Kordi H, Sohrabi M, Saberi Kakhki A, et al. The effect of strength training based on process approach intervention on balance of children with developmental coordination disorder. *Arch Argent Pediatr* 2016; 114: 526–533.
51. Johnson C, Hallemans A, Meyns P, et al. A continuum of balance performance between children with developmental coordination disorder, spastic cerebral palsy, and typical development. *Eur J Phys Rehabil Med* 2024.
52. Bouden A, Bravi R, Ji Y, et al. Effectiveness of exercise intervention on improving fundamental motor skills in children with autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis.
53. Dakin CJ, Heroux ME, Luu BL, et al. Vestibular contribution to balance control in the medial gastrocnemius and soleus. *J Neurophysiol* 2016; 115: 1289–1297.
54. Mills R, Levac D and Sveistrup H. Kinematics and postural muscular activity during continuous oscillating platform movement in children and adolescents with cerebral palsy. *Gait Posture* 2018; 66: 13–20.
55. Adiguzel H, Kirmaci ZIK, Gogremis M, et al. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation on functional skills, muscle strength, and trunk control in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Early Human Development* 2024. DOI: 10.1016/j.earlhumdev.2024.106010.

56. Zarei H, Norasteh AA, Lieberman LJ, et al. The impacts of exercise training programs on balance in children with hearing loss: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 2023. DOI: 10.1016/j.jbmt.2023.11.050.
57. Stribling K and Christy J. Creative Dance Practice Improves Postural Control in a Child With Cerebral Palsy. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association* 2017; 29: 365–369.
58. Cherriere C, Martel M, Sarrasin A, et al. Benefits of a Dance Intervention on Balance in Adolescents with Cerebral Palsy. *Phys Occup Ther Pediatr* 2020; 40: 518–533.
59. León Prados J. Seguridad e higiene en la práctica saludable del acrosport. *Revista internacional de medicina y ciencias de la actividad física y del deporte* 2004; 4.
60. Chatzopoulos D. Effects of Ballet Training on Proprioception, Balance, and Rhythmic Synchronization of Young Children. *Official Research Journal of the American Society of Exercise Physiologists* 2019; 22: 26–37.
61. Ricotti L and Ravaschio A. Break dance significantly increases static balance in 9 years-old soccer players. *Gait Posture* 2011. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2010.12.026.
62. Alon N, Wheaton MG, Schlachte B, et al. Parents' long-term experiences in a recreational dance program for their children with autism spectrum disorder. *Heliyon* 2023. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e15496.
63. Abolghasemi S, Abolghasemi R and Ardalani H. The music effect on motor skills of healthy people, a systematic review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 2024; 40: 1166.
64. Lagasse B, Yoo GE and Hardy MW. Rhythm and music for promoting sensorimotor organization in autism: broader implications for outcomes. *Front Integr Neurosci* 2024. DOI: 10.3389/fnint.2024.1403876.
65. Trecroci A, Cavaggioni L, Lastella M, et al. Effects of traditional balance and slackline training on physical performance and perceived enjoyment in young soccer players 2018; 26: 450–461.
66. Maldonado G, Bitard H, Watier B, et al. Evidence of dynamic postural control performance in parkour landing. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2015; 18: 1994–1995.
67. Keller M, Röttger K and Taube W. Ice skating promotes postural control in children. *Scand J Med Sci Sports* 2014; 24: 456.
68. Muehlbauer T, Kuehnen M and Granacher U. Inline Skating for Balance and Strength Promotion in Children during Physical Education. *Percept Mot Skills* 2013; 117: 665–681.
69. Armitano-Lago C, Clapham E, Lamont L, et al. Benefits of Surfing for Children with Disabilities: A Pilot Study. *Palaestra* 2015; 29: 31–34.
70. Armstrong EL, Spencer S, Kentish MJ, et al. Efficacy of cycling interventions to improve function in children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 2019; 33: 1113–1129.
71. Fong SSM, Chung JWY, Chow LPY, et al. Differential effect of Taekwondo training on knee muscle strength and reactive and static balance control in children with developmental coordination disorder: A randomized controlled trial. *Res Dev Disabil* 2013. DOI: 10.1016/j.ridd.2013.01.025.
72. Nunes T, Lara S, Graup S, et al. CONTROLE POSTURAL NA INFÂNCIA: EFEITOS DO MÉTODO PILATES SOBRE O EQUILÍBRIO. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento* 2019; 27: 33.
73. Farias A, Rodrigues J, Lara S, et al. Efeitos do Método Pilates sobre o equilíbrio postural em crianças com atrasos motores. *Pensar a Prática* 2019; 22.
74. Donahoe-Fillmore B and Grant E. The effects of yoga practice on balance, strength, coordina-

tion and flexibility in healthy children aged 10-12years. *J Bodyw Mov Ther* 2019; 23: 708–712.

75. Elnaggar RK, Ramirez-Campillo R, Azab AR, et al. Optimization of Postural Control, Balance, and Mobility in Children with Cerebral Palsy: A Randomized Comparative Analysis of Independent and Integrated Effects of Pilates and Plyometrics. *Children* 2024; 11.

76. Hornsby EA and Johnston LM. Impact of a Pilates intervention on physical function in children with generalised joint hypermobility and chronic musculoskeletal pain: A single-case experimental design. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 2024; 40: 30.

77. Baik S, Kim S and Lee J. A scoping review of the different types of exercise programs proposed for the improvement of postural balance in adolescents with idiopathic scoliosis. *BMR* 2023; 36: 1261.

78. Marzouki H, Soussi B, Selmi O, et al. Effects of Aquatic Training in Children with Autism Spectrum Disorder. *Biology* 2022; 11.

79. Plotas P, Papadopoulos A, Apostolelli E, et al. Effects of hippotherapy on motor function of children with cerebral palsy: a systematic review study. *Ital J Pediatr* 2024; 50.

80. Bahari Fard R, Ebrahimi Atri A, Khoshraftar Yazdi NK, et al. Assessing changes in static and dynamic postural stability in youth football players following the FIFA 11+ injury prevention program. *Science & Sports* 2022. DOI: 10.1016/j.scispo.2021.07.003.

81. Asgari M, Nazari B, Bizzini M, et al. Effects of the FIFA 11+ program on performance, biomechanical measures, and physiological responses: A systematic review. *Journal of Sport and Health Science* 2022. DOI: 10.1016/j.jshs.2022.05.001.

82. Arslan Kabasakal S, Gökşin ŞÖ, Keskin B, et al. Does basketball training increase balance scores in children?. *ppcs* 2024. DOI: 10.15561/26649837.2024.0107.

83. VVAA and Consello da cultura Galega. Xogos Tradicionais Galegos, <http://xogostradicionais.consellodacultura.gal> (2021, accessed 03/02 2022).

84. Faizah K and Nugroho S. Improved Early Childhood Balance Skills: Through Footboard Play and Shell Stretch Mejora de las habilidades de equilibrio en la primera infancia: a través del juego de los estribos y el estiramiento de la concha.

85. Melo RS, Lemos A, Delgado A, et al. Use of Virtual Reality-Based Games to Improve Balance and Gait of Children and Adolescents with Sensorineural Hearing Loss: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sensors* 2023; 23.

86. Schedler S, Gramann K, Hill MW, et al. Balance performance of healthy young individuals in real versus matched virtual environments: a systematic scoping review. *Front Hum Neurosci* 2024; 18.

87. Sousa CV, Lee K, Alon D, et al. A Systematic Review and Meta-analysis of the Effect of Active Video Games on Postural Balance. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2023. DOI: 10.1016/j.apmr.2023.01.002.

88. El-gohary TM, Emara HA, Al-Shenqiti A, et al. Biodex balance training versus conventional balance training for children with spastic diplegia. *Journal of Taibah University Medical Sciences* 2017. DOI: 10.1016/j.jtumed.2017.07.002.

89. Monge Pereira E, Molina Rueda F, Alguacil Diego IM, et al. Empleo de sistemas de realidad virtual como método de propiocepción en parálisis cerebral: guía de práctica clínica. *Neurología* 2014. DOI: 10.1016/j.nrl.2011.12.004.

90. Wolter NE, Gordon KA, Campos JL, et al. BalanCI: Head-Referenced Cochlear Implant Stimulation Improves Balance in Children with Bilateral Cochleovestibular Loss. *Audiol Neurotol* 2020; 25: 60–71.

91. Moffa S, Perna A, Candela G, et al. Effects of Hoverboard on Balance in Young Soccer Athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology* 2020; 5.
92. Cho C, Hwang W, Hwang S, et al. Treadmill Training with Virtual Reality Improves Gait, Balance, and Muscle Strength in Children with Cerebral Palsy. *Tohoku J Exp Med* 2016; 238: 213–218.
93. Ozal C, Aksoy S and Kerem Gunel M. The effects of treadmill training on postural control and balance in children with spastic diplegic cerebral palsy: A cross-over controlled study. *NeuroAsia* 2023. DOI: 10.54029/2023wey.
94. Haghighi AH, Broughani S, Askari R, et al. Combined Physical Training Strategies Improve Physical Fitness, Behavior, and Social Skills of Autistic Children. *J Autism Dev Disord* 2022. DOI: 10.1007/s10803-022-05731-8.
95. Djordjević M, Memisevic H, Potic S, et al. Exercise-Based Interventions Aimed at Improving Balance in Children with Autism Spectrum Disorder: A Meta-Analysis. *Percept Mot Skills* 2021; 129: 90.

Reflexións finais

Sábese que a poboación en idade infantil é o segundo grupo de risco en posibilidades de sufrir caídas, con factores intrínsecos relacionados cos déficits de equilibrio e forza muscular, pero tamén extrínsecos coma a súa innata curiosidade por descubrir e levar a cabo experiencias novas, xunto cun maior número de conductas de risco. Este risco de caídas, atópase nunha franxa etaria na que esta capacidade irá evoluíndo de maneira progresiva ata a entrada a adolescencia, o que permitirá ir adquirindo habilidades motrices básicas, necesarias para o día a día, e pouco a pouco adentrarse na adquisición de habilidades motrices de maior complexidade.

O control postural é unha capacidade que depende en gran parte da evolución dos sistemas sensoriais e músculo-esqueléticos que se producen nos primeiros anos de vida, e persegue o obxectivo de manter estable o centro de gravidade, buscando a orientación desexada cando se levan a cabo tarefas motrices. Por iso, son os profesionais da saúde e especialmente os educadores físico deportivos, os cales teñen as competencias no traballo da competencia motriz e da psicomotricidade, os encargados de saber cal é estado da saúde do control postural durante a infancia. Esta capacidade é fundamental para o desempeño de actividades básicas coma camiñar, poñerse en pé, baixar escaleiras, etc., polo que os trastornos, déficits e anomalías relacionadas con esta capacidade, comportan a unha menor estabilidade e un maior risco de caídas.

A valoración do control postural, utilizou tradicionalmente métodos clínicos de rápida implementación, pero ás veces subxectivos e con dependencia en exceso do avaliador. Ademais, o control do estado de equilibrio na infancia, estivo e está sobre todo orientado a estudar a suxeitos con patoloxías relacionadas cos déficits do control postural, coma parálises cerebrais ou trastornos do desenvolvemento, aspecto que tamén puido estar condicionado pola dificultade de acceso a sistemas fiables de medición. Os sistemas de medición instrumental, coma as plataformas de forza ou os sistemas optoelectrónicos, teñen unha gran fiabilidade na valoración desta capacidade,

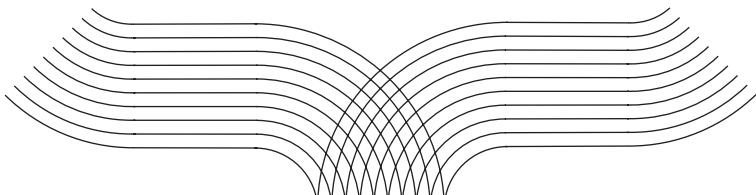
pero unido ao seu alto custo e que se utilizan en contornos estables e de laboratorio, realizan unha valoración da estabilidade corporal en base aos movementos do centro de presións, o que valora as estratexias realizadas unicamente pola articulación do tobillo, aceptando a teoría do péndulo invertido, e non analizando as estratexias de axuste postural que se producen no centro de gravidade.

Así, a valoración con acelerometría, preséntase coma unha alternativa ante sistemas coma as plataformas de forzas. Esta instrumentación demostra unha serie de vantaxas, ao permitir analizar os movementos de axuste postural que realizan os nenos e nenas durante o transcurso de probas e probas motrices que poñan en risco a estabilidade postural. Este análise é fiable e obxectivo e pode realizarse en infinidade de lugares, coma as escolas, e non exclusivamente en laboratorios ou contornos clínicos. É un sistema de reducido tamaño e pouco peso, que pode situarse en diferentes partes corporais para analizar o movemento multisegmentario. Observouse ao longo da literatura que o lugar idóneo para a análise do control postural é a zona lumbo-pélvica (vértebra lumbar L4), o que permite analizar o control do centro de gravidade, necesario isto para manter o equilibrio desexado.

Unha valoración do equilibrio e do control postural, de xeito fiable e accesible na poboación infantil, permite en primeiro lugar detectar déficits e anomalías nos suxeitos analizados; e en segundo lugar propoñer accións e estratexias de mellora desta capacidade física e avalialas para determinar se obtiveron o efecto desexado.

Son moitas as investigacións relacionadas coa evolución do equilibrio na infancia e sobre os factores que inflúen nesta capacidade. Tamén abundan as investigacións clínicas, abordando a estabilidade postural e a súa mellora, en poboacións infantís con patoloxías concretas. Non obstante son menos, as intervencións sobre os efectos de programas de mellora do equilibrio en nenos e nenas sans. Neste sentido, son necesarias un maior número de investigacións.

Aínda así, poden extraerse conclusións en canto ás estratexias a utilizar para o seu desenvolvemento nestas etapas vitais. En primeiro lugar, é importante abordar a necesidade dunha infancia activa e saudable, xa que a evolución das capacidades físicas e adquisición de habilidades motrices, están fortemente condicionadas polos índices de masa corporal, e polos niveles de actividade física que realizan nenos e nenas. En segundo lugar, esta capacidade require do desenvolvemento do esquema corporal, cunha estimulación sensorial dos sistemas visual, auditivo/vestibular e propioceptivo. Así como da evolución e mellora permanente dos niveles de forza muscular e coordinación neuromuscular. Ambos aspectos poden observarse que provocan unha mellora nos programas implementados e na posterior avaliación do equilibrio e do control postural.



Manuais

Serie de manuais didácticos

Últimas publicacións na colección

Introdución á programación en Linguaxe C (2024)

María José Lado Touriño, Leandro Rodríguez

Liñares, Pedro Cuesta Morales, Arturo

José Méndez Penín e Xosé Antón Vila Sobrino

Economates. As Matemáticas na Economía (2024)

Carmen Vázquez Pampín

Fundamentos de Meteoroloxía en 180 preguntas (2024)

Luis Gimeno, Raquel Nieto, Marta Vázquez, Rogert

Sorí e Luis Gimeno-Sotelo.

Manual de cultivo e asentamento do ourizo de mar.

Paracentrotus Lividus. (2024)

Estefanía Paredes Rosendo e Alba Lago Dopico

*Problemas de Ocenografía Física: Ejercicios resueltos con
y sin solución numérica (2024)*

Gabriel Rosón Porto



Equilibrio e control postural na infancia

Concepto, avaliación, e estratexias de traballo para profesionais

Este manual destaca a importancia de avaliar e desenvolver o equilibrio e o control postural na infancia, procesos que dependen da maduración sensoriomotora durante os primeiros anos de vida. Ademais, aborda a fisioloxía do equilibrio, unha capacidade multifactorial que evoluciona desde a infancia ata a adolescencia, sendo esencial para a adquisición de habilidades motrices e para previr riscos como caídas ou estilos de vida sedentarios. Posteriormente aborda os diferentes métodos de avaliación e céntrase en maior profundidade en ferramentas e métodos novidosos como a acelerometría, que ofrecen análises máis fiables, accesibles e aplicables en contextos como escolas, permitindo ava-

liar movementos multisegmentarios e mellorar programas de intervención.

Finalmente orienta a creación de estratexias eficaces para o desenvolvemento do equilibrio e do control postural na poboación infantil. Os profesionais da saúde e da educación física teñen un papel central neste proceso, promovendo unha infancia activa, estimulando os sistemas sensoriais e fortalecendo a coordinación neuromuscular. A valoración axeitada do equilibrio non só axuda a detectar déficits e anomalías, senón tamén a deseñar intervencións que favorezan unha evolución motriz saudable e efectiva.



Servizo de Publicacións

Universidade de Vigo